



TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: JOSE CANO MIR

Titulació: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol de Treball Final de Grau: **ESTUDIO ENERGÉTICO Y REHABILITACIÓN DE UNA VIVIENDA PLURIFAMILIAR EXISTENTE**

Director/a: **JÉRÔME BARRAU MONTSE VILARRUBÍ**

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2019

Contenido

1 RESUMEN.....	2
2 MOTIVACIÓN	3
3 INTRODUCCIÓN.....	4
3.1 POBLACIÓN	4
3.2 PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA.....	5
3.3 USO DE LA ENERGÍA	6
3.4 SOSTENIBILIDAD.....	7
3.5 MARCO NORMATIVO	8
3.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO	9
4 DESCRIPCION DEL INMUEBLE	10
4.1 FACTOR DE FORMA	10
4.2 LOCALIZACIÓN DEL INMUEBLE	11
4.3 ORIENTACIÓN DEL INMUEBLE	12
4.4 PLANOS Y DISTRIBUCIÓN.....	14
4.5 COMPOSICIÓN DE LOS CERRAMIENTOS.....	16
4.6 HUECOS ACRISTALADOS	19
4.7 PUERTAS	20
4.8 EQUIPAMIENTOS E INSTALACIONES.....	20
5 CLIMA	22
5.1 TEMPERATURA.....	22
5.2 PRECIPITACIONES.....	23
5.3 VIENTO.....	23
5.4 HORAS DE SOL.....	24
5.5 IRRADIACIÓN SOLAR.....	24
5.6 HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE.....	26
5.7 ORIENTACIÓN Y POSICIÓN SOLAR.....	26
5.8 INCLINACIÓN SOLAR Y SOMBRAS.....	27
6 SIMULACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE CYPETHERM HE PLUS	29
6.1 RESULTADOS EDIFICIO OBJETO	30
7 SIMULACIÓN ENERGÉTICA CON DISTINTAS ORIENTACIONES Y SOMBRAS	38
7.1 RESULTADOS DE LAS DISTINTAS ORIENTACIONES	38
7.2 CONCLUSIONES	39
8 PROPUESTAS DE MEJORA.....	41
8.1 PROPUESTAS DE MEJORA 1	41

8.1.1 RESULTADOS MEJORA 1.1: “CALDERA”	42
8.1.2 RESULTADOS MEJORA 1.2: “A/C”	43
8.1.3 RESULTADOS MEJORA 1.1 + MEJORA 1.2	44
8.2 PROPUESTA DE MEJORA 2	45
8.2.1 RESULTADOS MEJORA 2: “HUECOS ACRISTALADOS”	46
8.3 PROPUESTA DE MEJORA 3	47
8.3.1 RESULTADOS MEJORA 3: “INSUFLADO CÁMARA INTERIOR”	48
9 RETORNO DE LAS INVERSIONES	50
9.1 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 1.1	54
9.2 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 1.2	55
9.3 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 1.1+ 1.2	55
9.4 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 2	55
9.5 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 3	56
9.6 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN M1+M2+M3	56
9.7 RESUMEN MEJORAS	57
10 CONCLUSIONES FINALES	58
11 CERTIFICADO ENERGÉTICO FINAL	60
12 BIBLIOGRAFÍA	62

1 RESUMEN

La finalidad de este trabajo final de grado es la de realizar un estudio energético de un bloque de viviendas existente de tipo residencial construido en el año 1997, para posteriormente proponer un conjunto de mejoras que ayuden a reducir tanto la demanda como el consumo del mismo edificio, siempre y cuando sean viables económicamente. Además, se adjuntará la información correspondiente a la calificación energética obtenida, la cual es necesaria para la compra-venta de inmuebles según el Real Decreto 235/2013.

Para realizar el estudio energético se utilizará un software externo llamado “CYPETHERM HE PLUS”, previa exportación del modelo geométrico del edificio a través del programa “IFC BUILDER”. El conjunto de mejoras se implementará en un tercer programa llamado “CYPETHERM IMPROVEMENTS”, el cual aportará los correspondientes certificados energéticos finales en función de las mejoras propuestas durante la realización del proyecto.

2 MOTIVACIÓN

La motivación principal es la de reforzar y profundizar en los conocimientos adquiridos durante la realización de las asignaturas optativas de CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE I, II y III, pertenecientes al grado de INGENIERÍA MECÁNICA impartido por la UDL, las cuales despertaron en mi un gran interés por la materia en cuestión y en lo referente al ahorro energético y la sostenibilidad.

Adicionalmente se pretende realizar un proyecto real, el cual dé una información veraz y que pueda ser utilizado libremente por los usuarios de la vivienda con el fin de reducir las demandas y consumos de sus inmuebles, lo que conllevaría un ahorro económico para sus bolsillos y en general para todo el medioambiente.

3 INTRODUCCIÓN

3.1 POBLACIÓN

A principios del siglo XIX menos de 1000 millones de personas habitaban en la tierra. Hoy, 200 años después, somos más de 7500 millones y la tendencia dice que creceremos hasta los 9000 millones en 2050, momento en el cual la población mundial se estabilizará (*Fig. 1*).

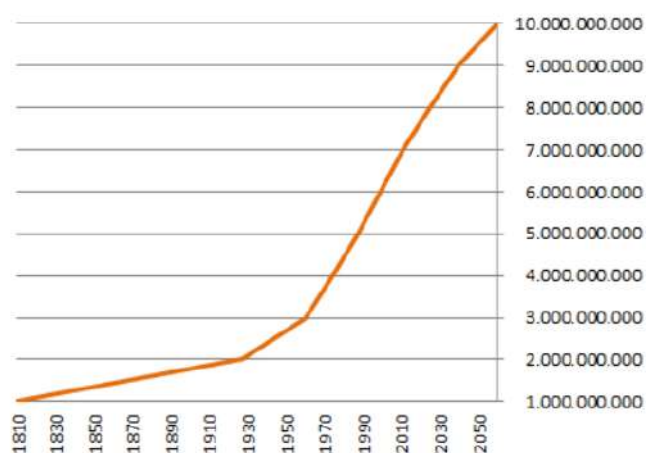


Fig. 1 Gráfico evolución de la población mundial

Fuente: www.ennaranja.com/es-noticia/el-dia-mundial-de-la-poblacion-un-alto-en-el-camino-para-reflexionar/

Existen una serie de causas que permiten entender este espectacular crecimiento de población:

- Descenso de la mortalidad: La revolución industrial trajo de la mano avances científicos y médicos que permitieron a partir de entonces, tratar y vencer enfermedades mortales hasta ese momento.

- Mejoras en la producción alimenticia: Investigaciones científicas permitieron mejorar la producción agrícola

- Migración y concentración de la población: La acumulación de la población en las grandes ciudades ha repercutido en el crecimiento demográfico y en la generación de riqueza.

No obstante, el aumento de la población ha generado también una serie de consecuencias negativas:

- Agotamiento de los recursos naturales: El planeta tierra tiene una serie de recursos limitados, el excesivo ritmo en el consumo de los mismos, hace que el planeta no sea capaz de generarlos.

- Impacto medioambiental: El consumo desmedido y la producción de energía procedente de combustibles fósiles realiza un impacto negativo sobre el planeta. El aumento en los gases de efecto invernadero, cambios en el ciclo del agua, el calentamiento global, son algunas de las muchas consecuencias que pueden haber sobrepasado ya un punto de no retorno.

En la *Figura 2* se puede observar la evolución de los gases de efecto invernadero a través de los años.

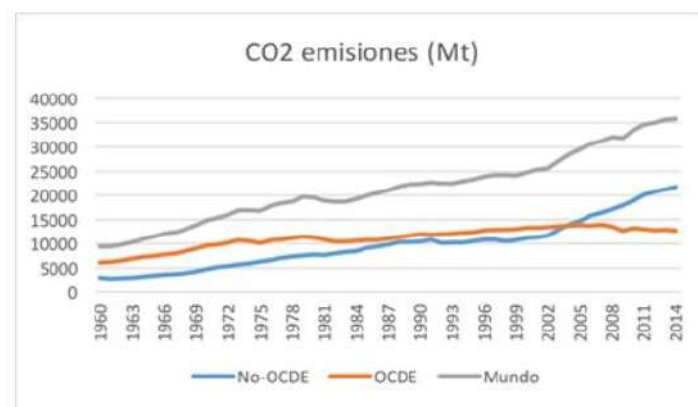


Fig. 2 Gráfico evolución emisiones CO2.

Fuente: www.loyolaandnews.es/loyolaecon/gases-efecto-invernadero/

3.2 PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA

A nivel mundial el origen de la energía proviene de hasta 5 fuentes diferentes: Petróleo (33%), carbón (28,1%), gas natural (24,1%), energía nuclear (4,5%) y energías renovables (10%).

En la *Figura 3* se puede observar que un 85% de la energía proviene de fuentes fósiles.

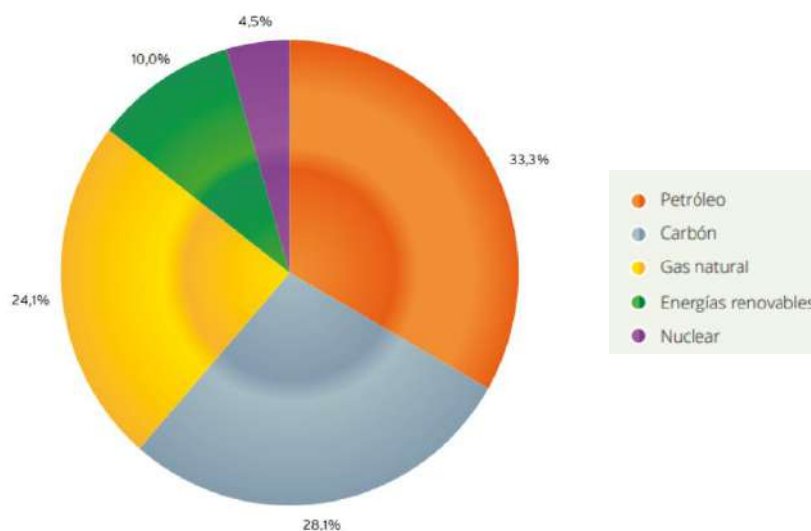


Fig. 3 Procedencia del consumo mundial de energía.

Fuente: www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-el-mundo-y-en-europa/

A nivel europeo la tendencia cambia ligeramente, el 75% de la energía proviene de fuentes fósiles mientras que el 25% restante se reparte entre nuclear y renovable (*Fig. 4*).

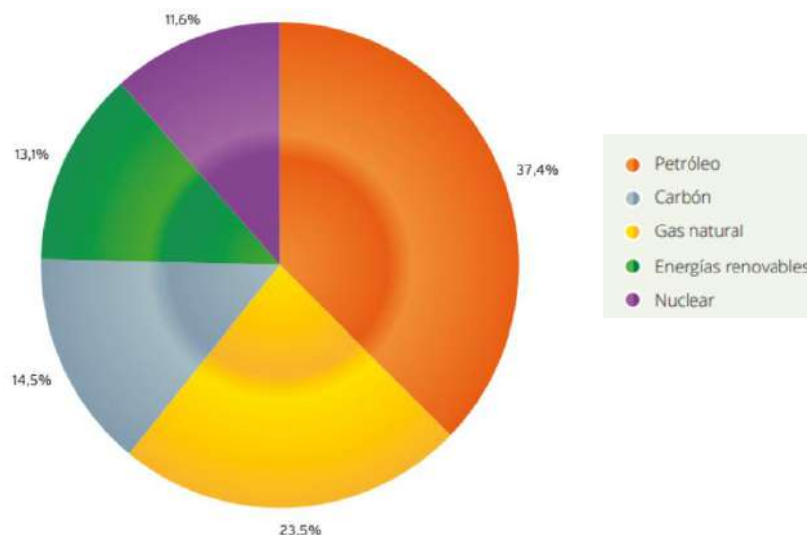


Fig. 4 Procedencia del consumo europeo de energía
Fuente: www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-el-mundo-y-en-europa/

A nivel global el porcentaje de energía que proviene de fuentes renovables aumenta año tras año, sin embargo, el uso de energía fósil sigue siendo excesivamente alto y es el principal causante del calentamiento global a través de los gases de efecto invernadero.

3.3 USO DE LA ENERGÍA

En la *Figura 5* podemos identificar la procedencia y cantidad de energía que ha sido utilizada en el mundo en los últimos 50 años. Se puede observar un consumo general al alza y un distanciamiento cada vez mayor entre la energía de tipo fósil y el resto.

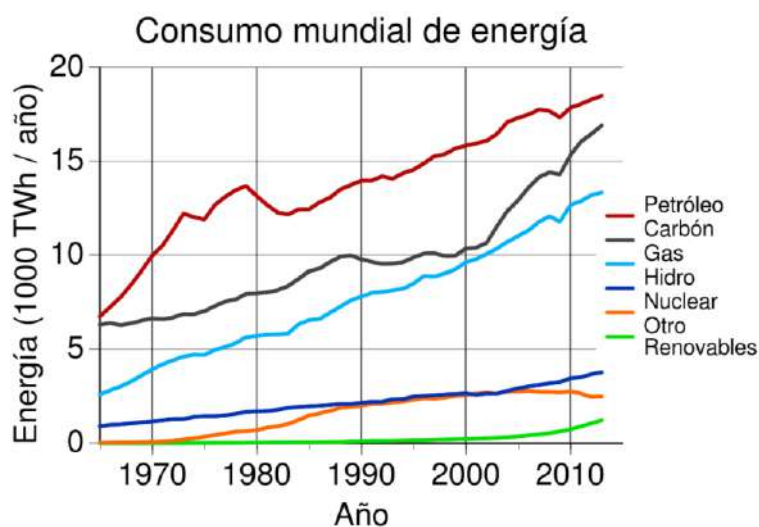


Fig. 5 Evolución del consumo mundial de energía
Fuente: www.nobbot.com/futuro/cuanta-potencia-mundial-viene-energia-renovable/

Toda esa energía nombrada en el apartado anterior se reparte por sectores, transporte (41,7%), industria (23,5%), hogares (18,5%), servicios (12,5%) y otros (3,8%). El dato más interesante para nuestro estudio es el consumo en hogares, ahora que ya sabemos el impacto energético que suponen los hogares es más fácil comprender la importancia de actuar sobre este sector (Fig.6).

Consumo energía final por sectores en España (2016)

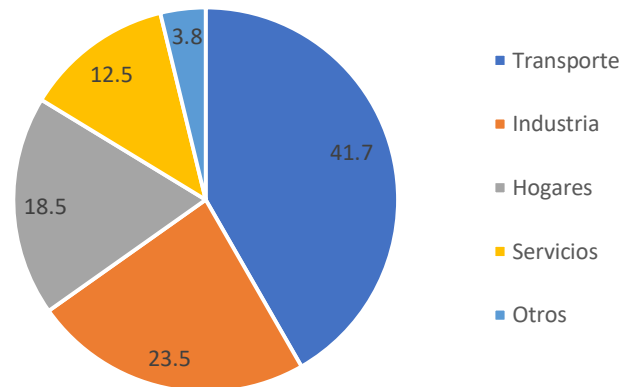


Fig. 6 Procedencia del consumo energético a nivel estatal
Fuente: www.guiaenergia.idae.es/el-consumo-energia-en-espana/

3.4 SOSTENIBILIDAD

En 1798 Robert Malthus enunció su teoría sobre población, que indicaba que la población aumentaría geométricamente, mientras que la producción de comida solo aumentaría en una proporción aritmética. De esta forma, aparecería una escasez a largo plazo que requeriría un descenso de la tasa de natalidad (Fig. 7).

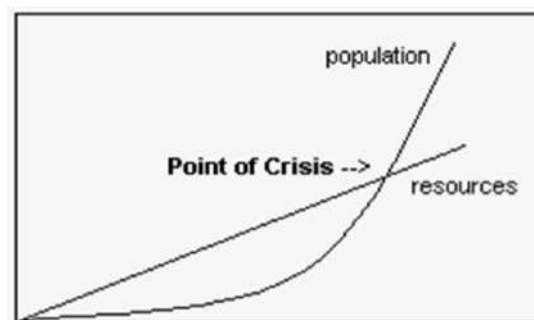


Fig. 7 Gráfico representativo de la teoría Malthusiana
Fuente: www.eh-resources.org/malthus-bibliography/

Ante los efectos de este escenario vaticinado 200 años atrás nos encontramos a día de hoy, por eso actualmente cobra aún más importancia el concepto de un desarrollo sostenible.

La sostenibilidad se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. De aquí

nace la idea del desarrollo sostenible, como aquel modo de progreso que mantiene ese delicado equilibrio hoy, sin poner en peligro los recursos del mañana.

Un buen ejemplo para entender este concepto sería la *Figura 8*:



Fig. 8 Representación gráfica del concepto de sostenibilidad

Fuente: www.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/desarrolloSustentable/tresPilares

3.5 MARCO NORMATIVO

Desde 1957 las normas técnicas que regulaban el sector de la edificación, conocidas como normas MV, eran competencia del Ministerio de la Vivienda. Esta reglamentación se desarrollaba por la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación, una institución que fue creada en 1937.

Estas reglas se transformaron en las Normas Básicas de la Edificación (NBE) en 1977, cuando el Gobierno decidió crear un marco unificado para toda la normativa relacionada con la edificación. Su aplicación era de obligado cumplimiento para los agentes del sector. A las NBE se le añadieron las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) para completar el marco regulatorio. Estas especificaciones no tenían carácter obligatorio y servían como el desarrollo operativo de las NBE.

Finalmente, el conjunto de normas creadas en 1977 se completaba con las Soluciones Homologadas de la Edificación (SHE), cuyo desarrollo no tuvo lugar. Estas normas hubieran complementado en el campo de las soluciones constructivas convencionales o tradicionales a los Documentos de Idoneidad Técnica (DIT), evaluaciones técnicas favorables para las soluciones innovadoras otorgadas por el Instituto Eduardo Torroja.

En 1999 se publica la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación que tiene como principal objetivo regular el sector de la edificación. En materia de reglamentación era preciso actualizar una reglamentación que había quedado profundamente obsoleta por lo que la ley insta y autoriza al Gobierno para la aprobación de un Código Técnico de la Edificación mediante Real Decreto que establezca las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

La Ley de Ordenación de la Edificación responde así a la necesidad de actualizar este conjunto de normas, pero también de completar una regulación que hasta 1999 había sido dispersa y poco clara.

La actualización de la normativa en materia de edificación era especialmente necesaria debido a que es uno de los principales sectores económicos. Este sector tiene además evidentes repercusiones en el conjunto de la sociedad y en los valores culturales que entraña el patrimonio arquitectónico. El legislador afrontó la redacción de la LOE también con el objetivo de responder a las demandas de la sociedad española, cada vez más preocupada por la calidad en los edificios, la seguridad, el bienestar, la energía y la protección del medio ambiente.

El Código Técnico de la Edificación viene a plasmar en especificaciones los objetivos de la LOE y a traducir al lenguaje técnico estas aspiraciones.

El CTE se publicó finalmente mediante el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, fecha a partir de la cual han venido sucediéndose diferentes actualizaciones, entre la que se destaca la actualización del año 2013, en la cual es obligatorio el certificado energético para viviendas ya existentes en caso de vender o arrendar una propiedad.

3.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este trabajo final de grado consiste en realizar una rehabilitación energética de un edificio plurifamiliar existente ubicado en la ciudad de Fraga.

Para ello se analizará el edificio y sus sistemas constructivos mediante observaciones y consultas al proyecto original.

Posteriormente se introducirán todos los datos técnicos del edificio en el software “CYPETHERM HE PLUS” con el fin de conocer todas las demandas, consumo y emisiones del edificio original.

Acto seguido, se propondrán y se aplicarán en el software informático una serie de mejoras para reducir las demandas, consumos y emisiones.

A continuación, se analizarán los resultados obtenidos de las mejoras propuestas y se determinará su efectividad en forma de periodo de amortización.

Finalmente se generará el certificado energético del inmueble con las propuestas de mejora aplicadas.

4 DESCRIPCION DEL INMUEBLE

En este trabajo se realiza un estudio energético de un edificio plurifamiliar existente de 6 plantas de altura que constan de 2 viviendas por planta, excepto en la planta 6ª que se distribuye en una vivienda y un apartamento. La superficie de la parcela edificable es de 246 m² y la altura total es de 20,5 m.

-La planta baja consta de un local comercial y de 4 garajes individuales.

-Las viviendas constan de recibidor, cocina, comedor, pasillo, 4 dormitorios, 1 baño y 1 aseo.

-El apartamento consta de recibidor, cocina, comedor, pasillo, 2 dormitorios, 1 baño y 1 aseo.

4.1 FACTOR DE FORMA

El factor de forma de un edificio interviene de manera directa en el aprovechamiento climático del entorno, mediante su volumen y su superficie, a mayor superficie mayor capacidad de intercambio, a mayor volumen, mayor capacidad de almacenamiento de calor. Podemos controlar la proporción entre superficie y volumen y así, tener una medida del comportamiento del edificio.

Se define el factor de forma de un edificio como el cociente entre la superficie de la envolvente del edificio y el volumen que ocupa.

$$F = \frac{\text{Superficie}}{\text{Volumen}}$$

A medida que el volumen aumenta, también lo hace la superficie exterior, pero en menor proporción, de manera que el factor de forma disminuye. Igualmente, a mayor compacidad menor superficie y, consecuentemente, pérdidas energéticas menores. Para minimizar el intercambio energético entre el edificio y su ambiente exterior, la mejor forma de un edificio sería la esférica, debido a que, para un volumen fijado la esfera es la forma geométrica con menor área.

Desde el punto de vista bioclimático, el edificio óptimo será a priori el que tenga la mínima superficie de pérdidas manteniendo el mismo volumen de almacenaje de calor. Todo ello dependerá por supuesto del clima, recomendándose un reducido factor de forma para climas fríos (entre 0,5 y 0,8), frente a valores superiores a 1,2 en el caso de los climas cálidos.

La región donde se localiza el inmueble tiene un clima mediterráneo con invierno frío, en el caso particular del edificio a estudiar el factor de forma calculado ha resultado de 0,35, por lo tanto, no se puede considerar que el factor de forma sea el idóneo para el lugar donde está emplazado el edificio.

4.2 LOCALIZACIÓN DEL INMUEBLE

El emplazamiento del inmueble se sitúa en Fraga, una localidad perteneciente a la provincia de Huesca y de la comunidad autónoma de Aragón (Fig.9) y (Fig.10).

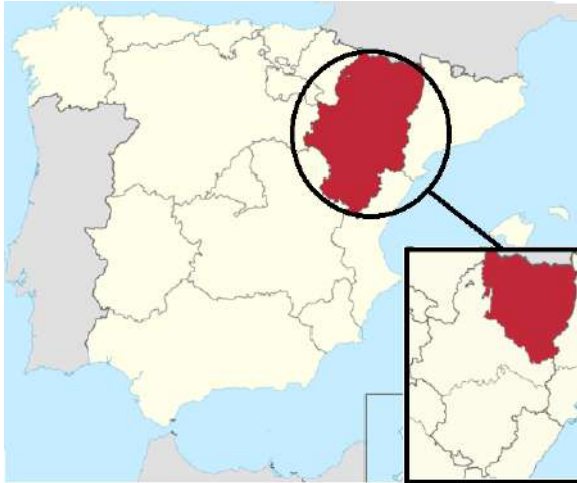


Fig. 9 Ubicación de la provincia de Huesca en Aragón.



Fig. 10 Ubicación de Fraga en la provincia Oscense.

La calle principal donde se ubica es la calle Candanos y conecta directamente con la avenida Madrid, una de las avenidas más importantes de la ciudad (Fig. 11).



Fig. 11 Ubicación del inmueble en la calle Candanos

4.3 ORIENTACIÓN DEL INMUEBLE

La fachada principal del edificio está orientada al Este con una ligera desviación de 25° hacia el Norte, partiendo del centro del edificio, las viviendas a la izquierda corresponden al lado “B”, mientras que las viviendas a la derecha corresponden al lado “A” (Fig. 12).



Fig. 12 Fachada principal del edificio orientada hacia el este.

Una de las fachadas laterales, perteneciente a las viviendas del lado “A” del edificio está orientada hacia el norte (Fig. 13).

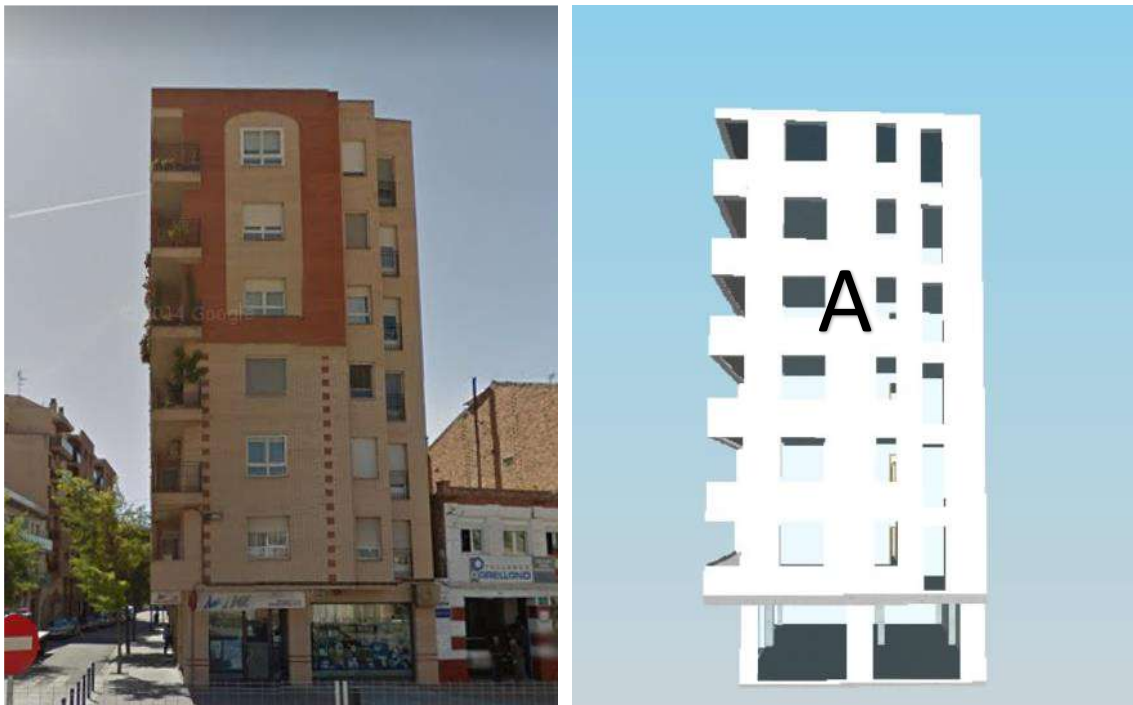


Fig. 13 Fachada lateral orientada principalmente hacia el norte.

La parte trasera del edificio que hace de medianera está orientada hacia el oeste (Fig. 14).



Fig. 14 Medianera orientada principalmente hacia el oeste.

La otra fachada lateral restante tiene una orientación hacia el sur (Fig. 15).



Fig. 15 Fachada lateral orientada principalmente hacia el sur.

4.4 PLANOS Y DISTRIBUCIÓN

PLANTA BAJA

La planta baja dispone de un total de 210 m² útiles, repartidos entre 100 m² de garajes, 15 m² de zonas comunes y 95 m² del local comercial (Fig. 16).



Fig. 16 Plano y distribución de la planta baja del edificio.

1ª PLANTA

La primera planta tiene un total de 178 m², la vivienda "B" tiene 87 m² habitables con 16 m² adicionales de terraza, mientras que la vivienda "A" tiene 91 m² (Fig. 17).

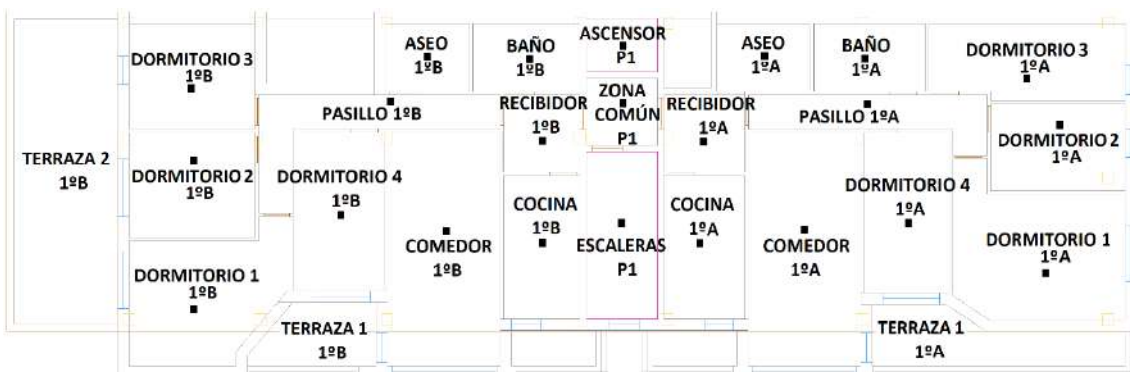


Fig. 17 Plano y distribución de la primera planta.

2º PLANTA

La segunda planta tiene un total de 178 m², la vivienda “B” tiene 87 m², mientras que la vivienda “A” tiene 91 m² (Fig. 18).



Fig. 18 Plano y distribución de la segunda planta del edificio.

3º, 4º y 5º PLANTA

A partir de esta planta y hasta llegar a la sexta planta del edificio, la distribución y superficie de las viviendas serán exactamente las mismas que en el apartado anterior.

6º PLANTA

La vivienda “B” Dispone de 60,42 m² habitables disponibles y 27 m² de terraza, mientras que la vivienda “A” dispone de 91,04 m² (Fig. 19).

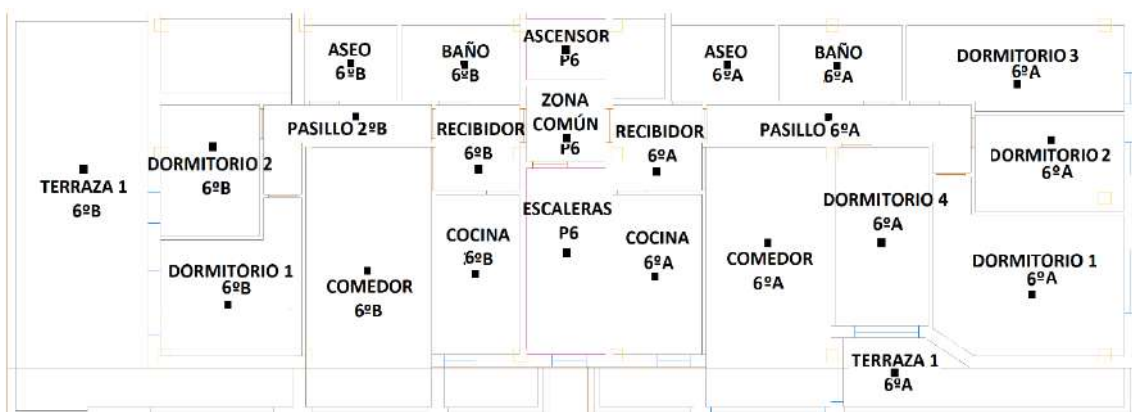


Fig. 19 Plano y distribución de la sexta planta del edificio.

4.5 COMPOSICIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

En el siguiente apartado se expone la composición de todos los tipos de cerramientos utilizados en el cálculo energético. El nombre que se le da a los distintos tipos, es el mismo que se utiliza en el software de cálculo.

Con el fin de reducir el número total de tipologías constructivas utilizadas para la construcción del edificio original, estas se simplifican a la hora de realizar el cálculo.

La simplificación se realiza escogiendo únicamente el tipo de cerramiento que predomine en la misma zona, es decir, en caso de que se utilice dos o más tipos de cerramientos para la fachada principal del edificio, el cerramiento elegido para definir toda la fachada principal será el que mayor número de metros construidos tenga sobre plano.

W305

Este cerramiento es utilizado en las fachadas sur, este y norte de todas las viviendas (Fig. 20).

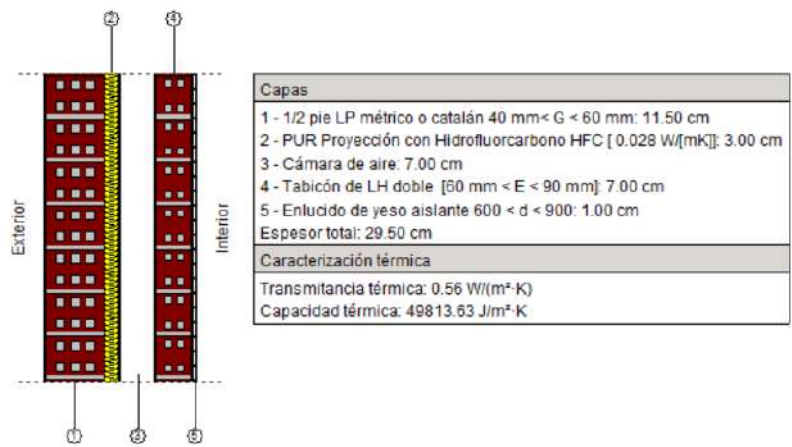


Fig. 20 Composición cerramiento W305

W300

El siguiente muro se utiliza como medianera del edificio en todas sus plantas, incluida la planta baja y está orientado hacia el oeste (Fig. 21).

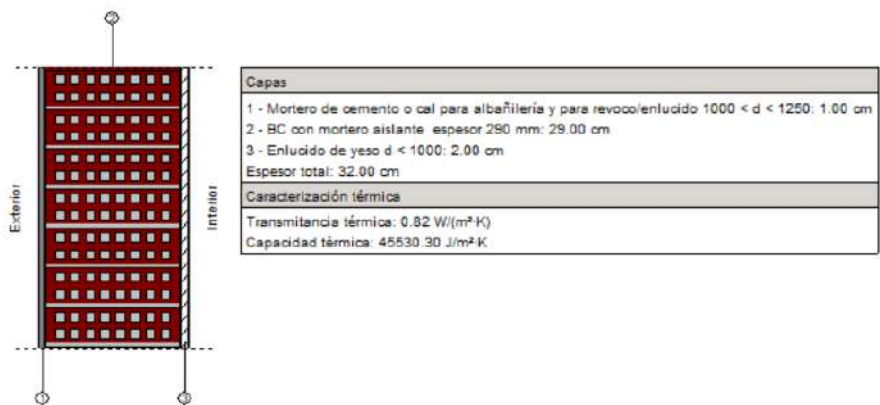


Fig. 21 Composición cerramiento W300

W100

La función de este tabique es la de separar internamente las zonas que conforman todas las viviendas (Fig. 22).

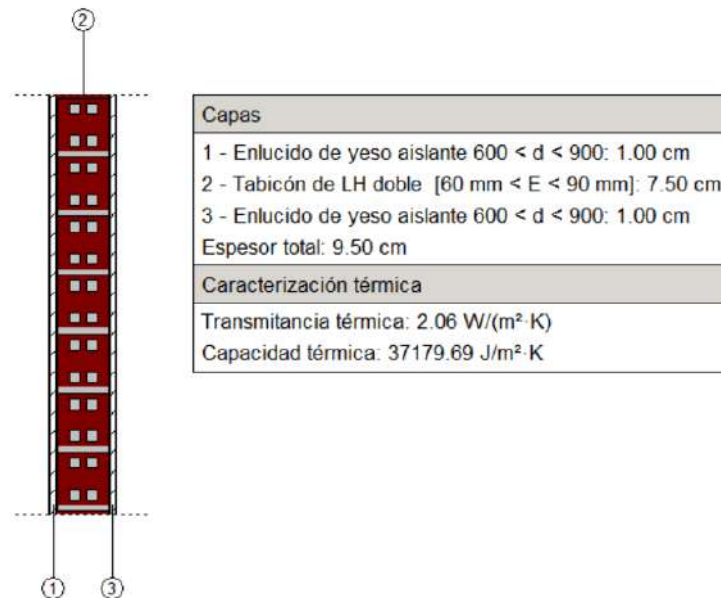


Fig. 22 Composición cerramiento W100

W150

Este cerramiento es utilizado en las plantas bajas del edificio para delimitar los garajes y en las zonas que limitan las zonas comunes de las viviendas en el resto de las plantas. (Fig. 23).

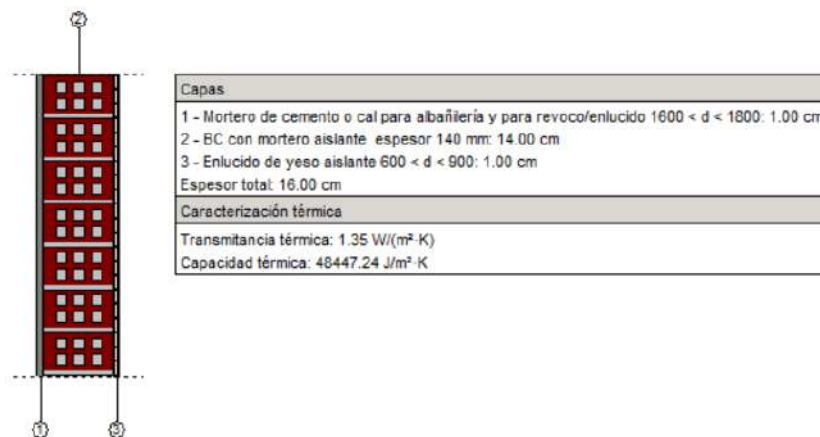


Fig. 23 Composición cerramiento W150

F1

El siguiente forjado es utilizado en la zona interior de todas las plantas (Fig. 24).

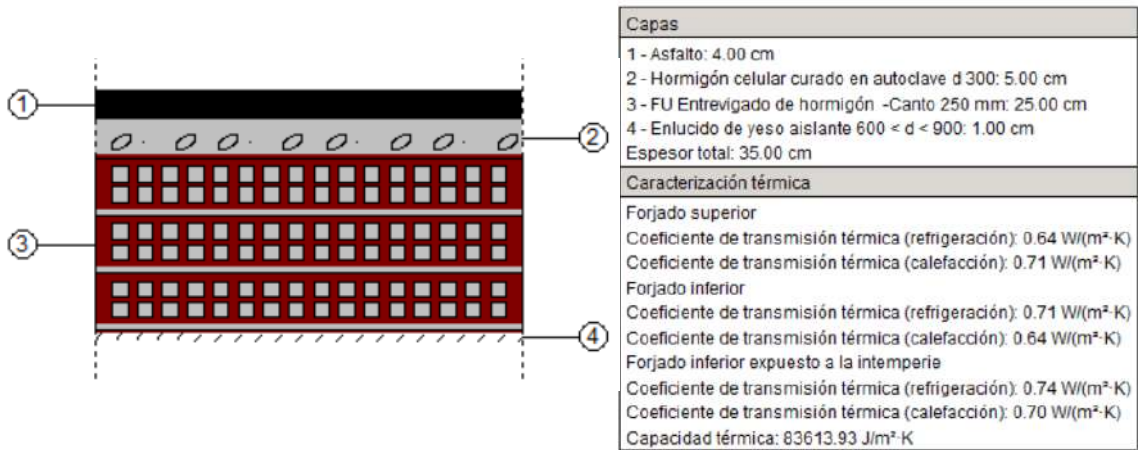


Fig. 24 Composición forjado F1

T1

Se utiliza en todas las terrazas de las viviendas (Fig. 25).

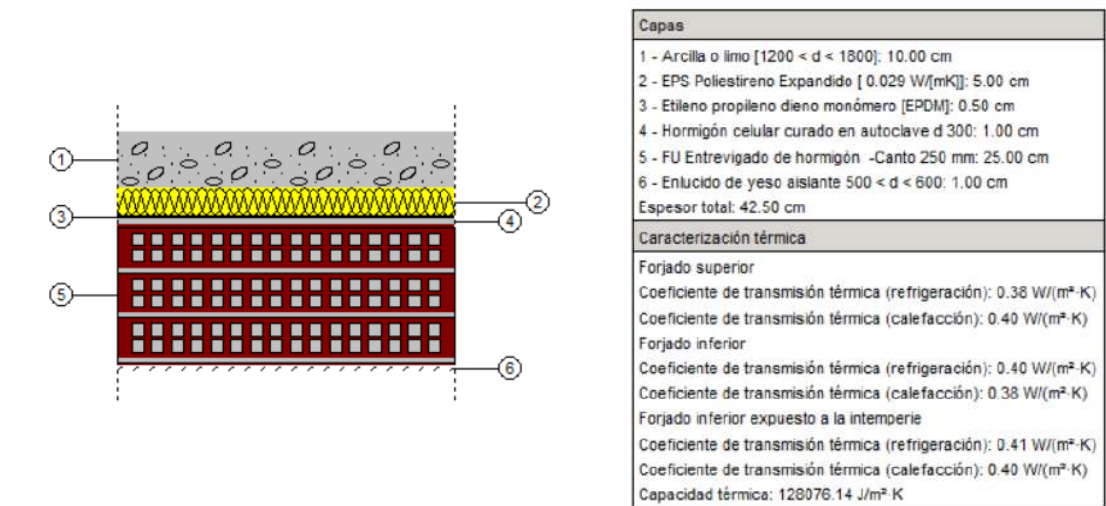


Fig. 25 Composición forjado F1

AZOTEA

Por último, se utiliza el siguiente forjado en la azotea del edificio (*Fig.26*).

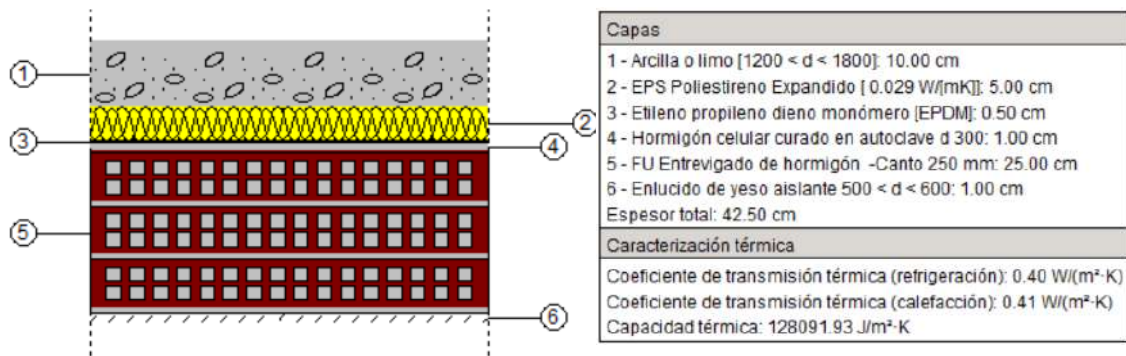


Fig. 26 Composición forjado Azotea

4.6 HUECOS ACRISTALADOS

Todos los huecos acristalados de las viviendas tienen la misma tipología, la perfilería que se utiliza es de aluminio y tienen una disposición 4/6/4, es decir, una cámara de aire de 6 mm entre medio de dos vidrios de 4 mm. El valor de la transmitancia térmica del conjunto para toda su superficie es de $3,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. En la *Figura 27* se puede observar una ventana original del edificio.



Fig. 27 Ventana original

Los espacios donde se utilizan estas ventanas son los siguientes:

- Cocina
- Comedor
- Dormitorio 1
- Dormitorio 2

-Dormitorio 3

-Dormitorio 4

4.7 PUERTAS

Las puertas interiores y de acceso a la vivienda son de aglomerado y van chapadas con pino por el exterior. El coeficiente de transmisión térmica es de $1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

4.8 EQUIPAMIENTOS E INSTALACIONES

En el siguiente apartado hablaremos de los equipos originales encargados de suministrar la calefacción y refrigeración en el edificio en cuestión.

CALEFACCIÓN Y ACS

Para la calefacción y el suministro del ACS las viviendas disponen de calderas convencionales individuales a gas. Las características técnicas se muestran en la *Tabla 1*.



Fig. 28 Caldera mural original

Marca	Roca
Modelo	R-15/20
Tipo	Mural
Servicio	Calefacción y ACS
Pot Cal	17,45 kW
Pot ACS	23,25 kW
Rend. Cal	79%
Rend. A.C.S	60%

Tabla 1 Características técnicas caldera original.

REFRIGERACIÓN

El edificio al inicio no contaba con ningún sistema de refrigeración. Con el paso de los años los inquilinos fueron instalando por su propia cuenta sistemas de refrigeración independientes, los cuales como es lógico son diferentes entre ellos en especificaciones técnicas, por lo tanto, para simplificar la recolección e introducción de datos en el cálculo se elige un equipo genérico con las características técnicas de hace 15 años (*Tabla 2*).



Fig. 29 Aire acondicionado genérico

Marca	Toshiba
Modelo	RAS-13NKV
Tipo	Split
Pot Cal	4,2 kW
Pot Ref	3,5 kW
Consumo Cal	1,1 kW
Consumo Ref	1,04 kW
COP Cal	3,72
COP Ref	3,27

Tabla 2 Especificaciones técnicas A/C

5 CLIMA

En el siguiente apartado se engloban el conjunto de fenómenos atmosféricos en forma gráfica que se producen en la región y que caracterizan el estado medio de la atmósfera. Estos datos nos ayudaran a entender mejor a que fenómenos está expuesto el edificio y de esta manera adoptar un conjunto de medidas concreto para la rehabilitación del edificio.

Al no disponer de los datos exactos del lugar donde se emplaza la vivienda, se cogen por cercanía los datos climatológicos de la estación de Lleida capital. La distancia entre las ciudades de Fraga y Lleida es menor a 30 kilómetros.

Todos los datos proceden de la agencia estatal de meteorología “AEMET” y hacen referencia al periodo comprendido entre los años 1981 y 2010.

5.1 TEMPERATURA

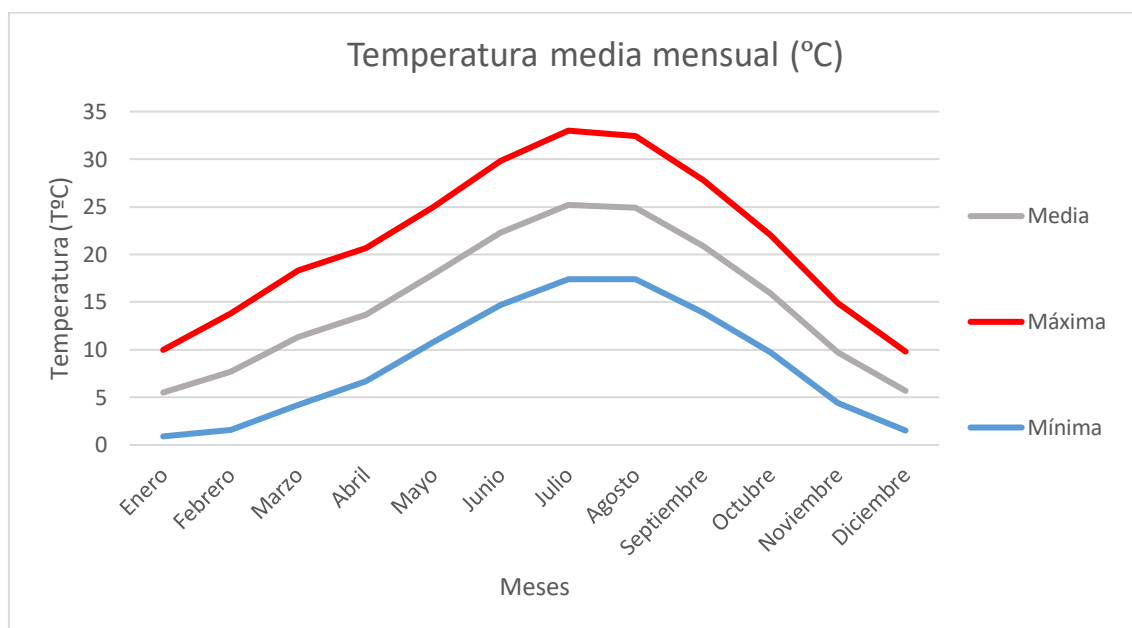


Fig. 30 Gráfico de la temperatura media anual

Fuente: www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=9771C&k=cat

Las temperaturas medias, máximas y mínimas a lo largo del año son de 15°C, 21,5°C y 8,6 °C respectivamente (Fig. 30).

El mes más caluroso del año es Julio, con una media de 25,2 °C.

El mes más frío del año es enero, con una media de 5,5°C.

5.2 PRECIPITACIONES

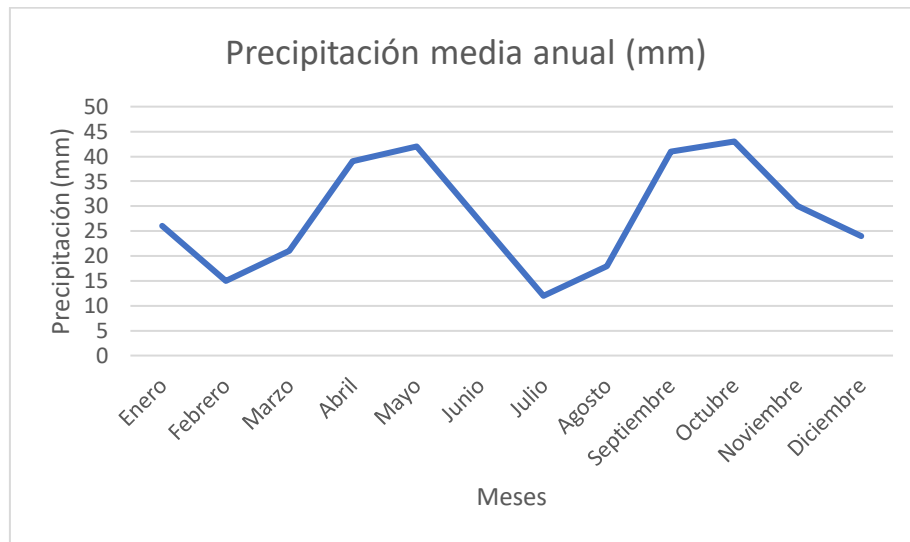


Fig. 31 Gráfico de la precipitación media anual

Fuente: www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=9771C&k=cat

El mes con mayor concentración de lluvias es mayo, con 43 mm de columna de agua por metro cuadrado. El mes con menor cantidad de lluvia por metro cuadrado es Julio, con 12 mm (Fig.31).

De media, el total acumulado por año de precipitación es de 342 mm.

5.3 VIENTO

Distribución de la dirección del viento en tanto por ciento (Fig. 32).

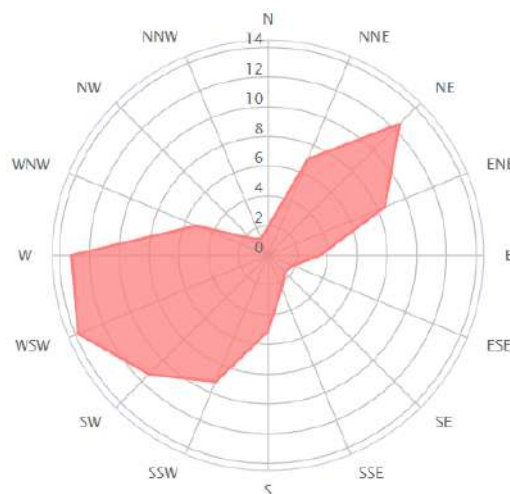


Fig. 32 Distribución del viento

Fuente: <https://es.windfinder.com>

Estadísticas basadas en observaciones tomadas entre el 11/2009 - 03/2019 diariamente entre las 7 de la mañana y las 7 de la tarde hora local.

5.4 HORAS DE SOL

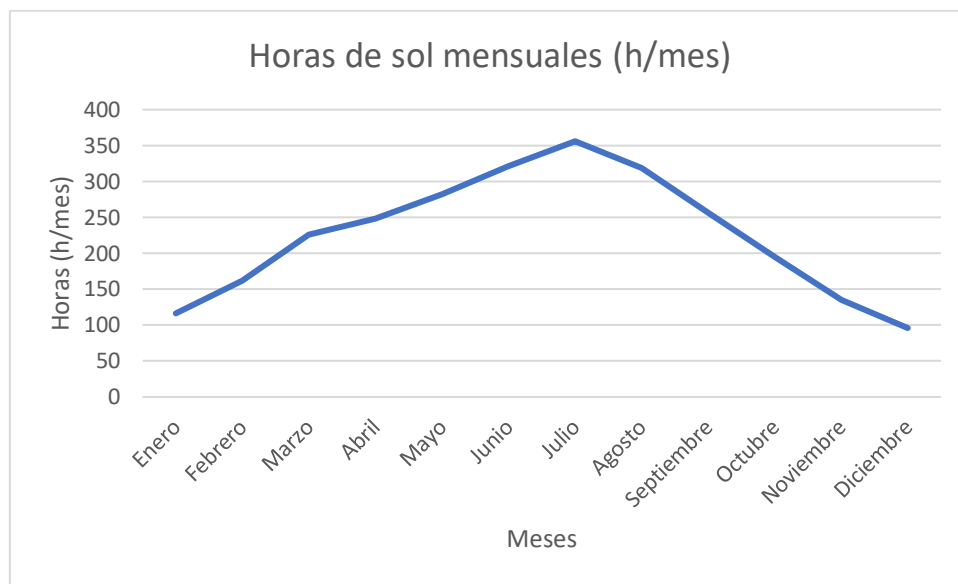


Fig. 33 Gráfico horas solares anuales

Fuente: www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=9771C&k=cat

Julio ostenta la mayor cantidad de horas de sol mensuales con 356h, mientras que diciembre es el mes con menos horas solares con 96h (Fig. 33).

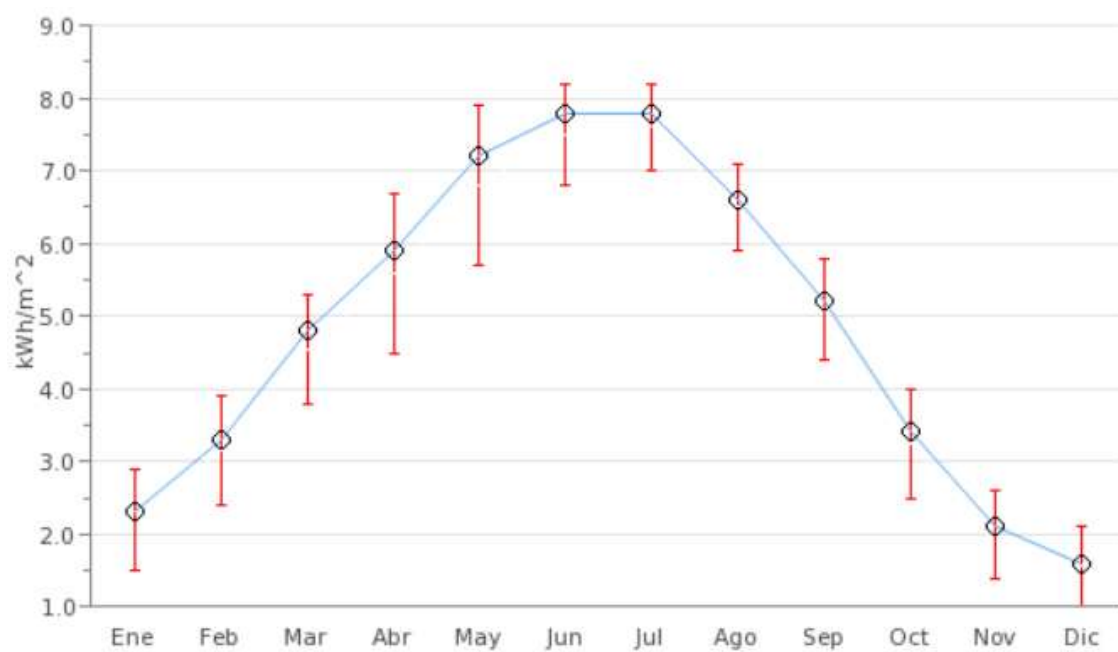
5.5 IRRADIACIÓN SOLAR

De manera homóloga a la *Figura 33* del apartado anterior, se presenta la *Figura 34* de irradiación solar por m², se puede observar la tendencia al alza hasta llegar a su punto máximo entre junio y julio y su disminución continuada hasta llegar al mes de diciembre.

Las barras verticales de color rojo representan los percentiles del 25 y del 75.

Si en una localización se dispone de un valor medio de un mes concreto superior al percentil 75, podrá considerarse un mes alto con respecto a la media.

Si en una localización se dispone de un valor medio de un mes concreto inferior al percentil 25, podrá considerarse un mes bajo con respecto a la media.



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	3.0	3.9	5.3	6.7	7.9	8.2	8.2	7.1	5.8	4.1	2.6	2.1
Valor medio	2.3	3.3	4.8	5.9	7.2	7.8	7.8	6.6	5.2	3.4	2.1	1.6
Percentil 25	1.6	2.4	3.9	4.5	5.8	6.8	7.0	6.0	4.5	2.6	1.4	1.0

Fig. 34 Gráfico radiación solar anual.
Fuente: <http://www.adrase.com/>

5.6 HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE

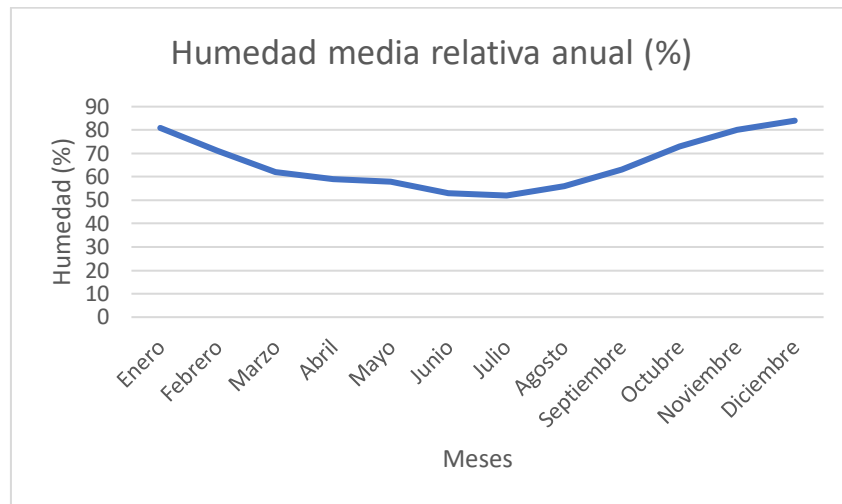


Fig. 35 Gráfico humedad relativa anual.

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=9771C&k=cat>

El mes con menor humedad en el ambiente es Julio, con un 52%. El mes con mayor humedad relativa en el ambiente es diciembre, con un 84%.

5.7 ORIENTACIÓN Y POSICIÓN SOLAR

La orientación del edificio con el sol tiene un papel muy importante sobre la demanda y consumo energético del mismo. En caso de que el edificio tuviera la fachada principal alineada perfectamente hacia el sur, se podría aprovechar al máximo la radiación incidente sobre las ventanas y muros del mismo en la época invernal.

Mediante la introducción de las coordenadas del edificio a través de la herramienta de la aplicación “SunEarthTools”, se genera la imagen siguiente, la cual hace referencia al movimiento del sol durante todos los días del año.

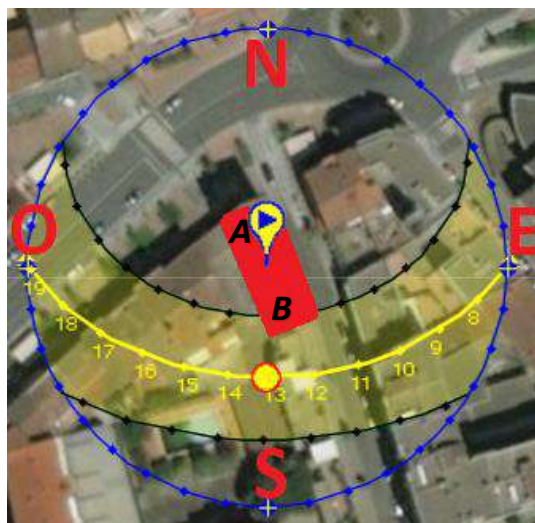


Fig. 36 Orientación solar del edificio

Fuente: www.sunearthtools.com

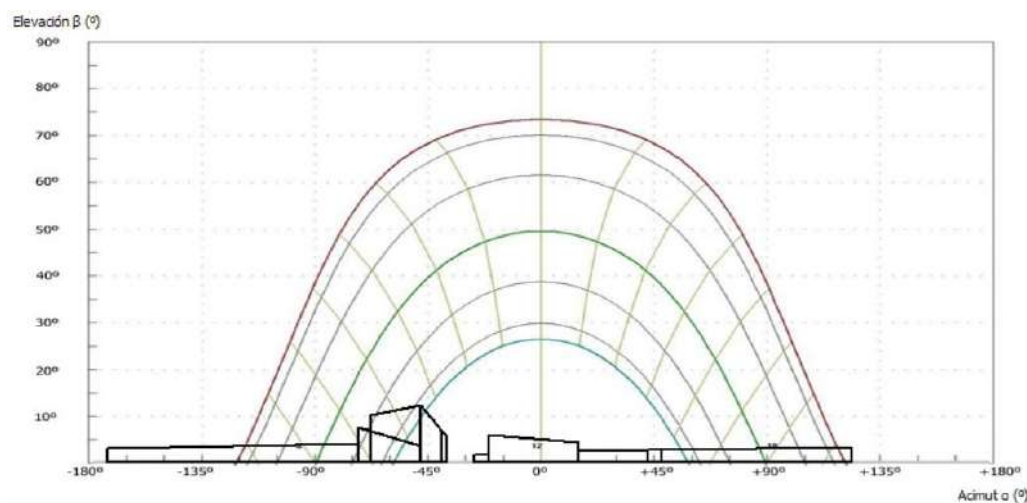
Según la imagen se puede observar que durante las primeras horas del día el sol incide sobre la fachada principal del edificio. Al llegar al medio día, el sol deja de incidir sobre dicha fachada y pasa a irradiar sobre una de las fachadas laterales, la cual es más pequeña en superficie y tiene menos huecos acristalados. A partir de media tarde el sol se proyecta únicamente sobre la medianera del edificio. Podemos decir pues, que la orientación del edificio no es la idónea para aprovechar al máximo la energía del sol.

Se puede intuir que las viviendas pertenecientes al lado “B” del edificio necesitarán menos demanda de calefacción que sus vecinos del “A”, por el contrario, necesitarán más demanda de refrigeración.

5.8 INCLINACIÓN SOLAR Y SOMBRAS

Otros puntos claves a tener en cuenta son la inclinación solar respecto al horizonte y las sombras del entorno, generadas por distintos edificios colindantes. De poco sirve tener una orientación idónea si los demás edificios bloquean la luz del sol.

En la *Figura 37* se pueden ver las sombras que generan los demás edificios sobre el edificio objeto.



*Fig. 37 Sombras generadas sobre la fachada principal del edificio.
Fuente: Patrón de sombras generado por el programa CE3X.*

El impacto que tienen las sombras sobre el edificio se puede observar en la *Tabla 3*, donde se comparan las demandas del edificio objeto con sombras y sin sombras.

	Demanda Refrigeración Anual (kWh/Año)	Demanda Calefacción Anual (kWh/Año).	Demanda Total Anual (kWh/Año).
Edificio Original sin sombras	13582	55410	68992
Edificio Original con sombras	12287	58280	70567

Tabla 3 Comparativa demanda entre edificio objeto con sombras y sin sombras

Debido a la incidencia directa del sol, el modelo sin sombras necesita una mayor demanda de refrigeración (13582 kWh) y una menor demanda de calefacción (55410 kWh). Si analizamos el modelo original con sombras sucede exactamente lo contrario, es decir, la demanda de refrigeración disminuye (12287 kWh) y la demanda en calefacción aumenta (58280 kWh).

La reducción de la demanda total entre el modelo con sombras (70567 kWh) y el modelo sin sombras (68992 kWh) es del 2,23 %. Se puede afirmar que el impacto de las sombras sobre el edificio es relativamente bajo.

Mediante la herramienta informática “SunEarthTools” también se puede conocer la elevación y trayectoria del sol en función de la época del año (Fig. 38).

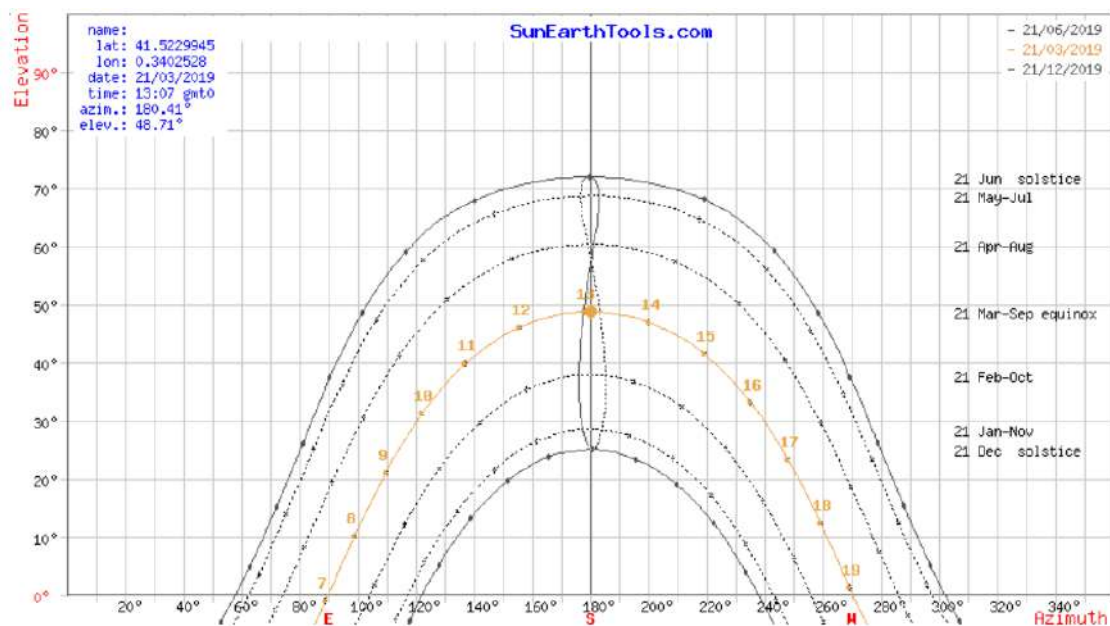


Fig. 38 Altura y posición del sol en función de la época del año
Fuente: www.sunearthtools.com

6 SIMULACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE CYPETHERM HE PLUS

CYPETHERM HE Plus es una aplicación gratuita concebida para la justificación normativa del CTE DB HE1 “Limitación de la demanda energética”, del CTE DB HE0 “Limitación del consumo energético” y para el cálculo de la certificación de la eficiencia energética mediante un modelo del edificio para simulación energética calculado con EnergyPlus.

Desde el 5 de julio de 2018, CYPETHERM HE Plus es una herramienta reconocida por el Ministerio para la Transición Ecológica y por el Ministerio de Fomento que permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio, tanto en su fase de proyecto como del edificio terminado.

CYPETHERM HE Plus es una aplicación integrada en el flujo de trabajo Open BIM. En este sentido, permite la importación de modelos geométricos BIM generados por software como IFC Builder, así como otros ficheros de información IFC.

Mediante la tecnología Open BIM es posible implantar un flujo de trabajo colaborativo, multidisciplinar y multiusuario que permite el desarrollo de proyectos de forma abierta, coordinada y simultánea entre los distintos técnicos o agentes intervinientes. En dicho flujo de trabajo, el proyecto se resuelve de forma iterativa mediante la resolución progresiva de sus diferentes aspectos o componentes.

Esta forma de trabajar es diferente a la propuesta en los flujos de trabajo basados en las herramientas BIM previamente existentes en el mercado. Mediante dichas herramientas, el proyecto se realiza partiendo de las soluciones adoptadas, de forma que no se contempla el trabajo de los proyectistas que tienen que tomar decisiones de proyecto basándose en modelos de cálculo desacoplados y específicos resueltos sobre aplicaciones específicas.

La característica principal de la tecnología Open BIM y su principal ventaja es que está basada en formatos de intercambio estándar abiertos y públicos (IFC), de forma que el contenido del proyecto BIM no está vinculado a ninguna aplicación o programa concreto. Además, gracias al uso de dichos formatos de intercambio, las aplicaciones específicas utilizadas para resolver los diferentes aspectos de un proyecto (estructura, saneamiento, etc.) tampoco tienen que estar vinculadas a un único fabricante de software.

Las etapas o, más bien, las acciones contempladas en el flujo de trabajo propuesto para el desarrollo de un proyecto se pueden ver en la *Figura 39*.

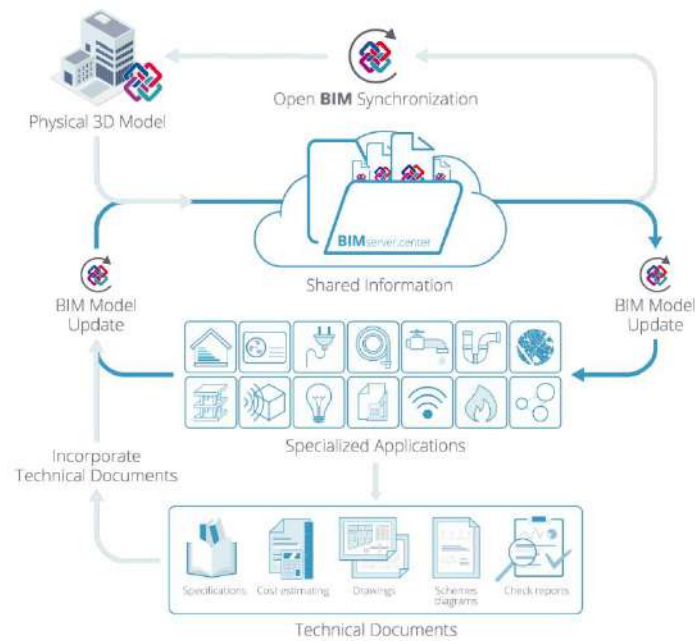


Fig. 39 Diagrama flujo tecnología Open BIM
Fuente <http://cypeterm-he.cype.es/>

6.1 RESULTADOS EDIFICIO OBJETO

Si analizamos la demanda energética por vivienda, se pueden sacar varias conclusiones, la primera de ellas es que las viviendas “A” tienen una mayor demanda que las viviendas “B”, esto es debido principalmente a la orientación de las mismas. Las viviendas “A” reciben menos energía del sol durante el invierno y por tanto necesitan una mayor demanda para realizar el balance energético (Fig. 40).

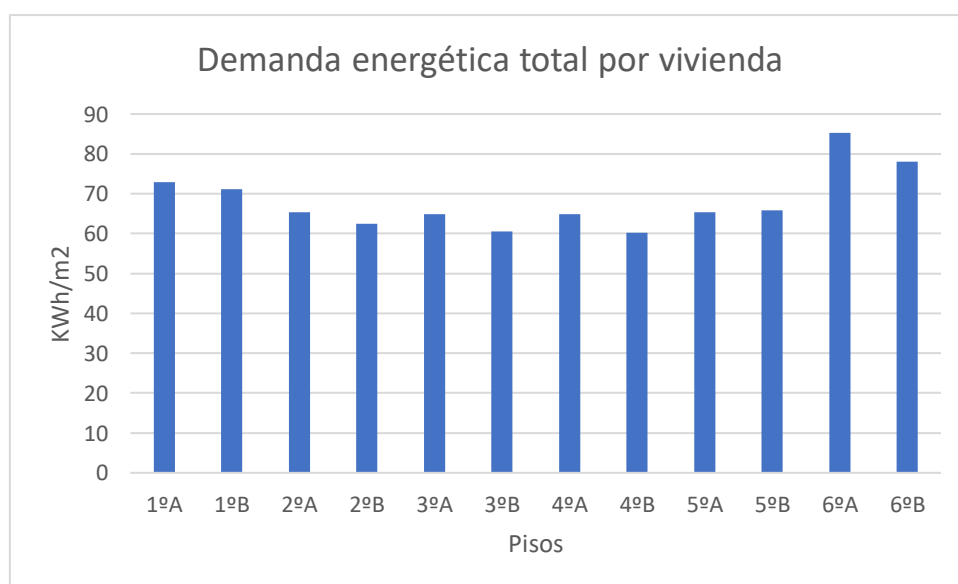


Fig. 40 Gráfico demanda energética total por vivienda

Para demostrar la veracidad de las conclusiones anteriores, se aporta un gráfico donde se puede observar cuantitativamente las ganancias solares en función de la vivienda (*Fig. 41*).

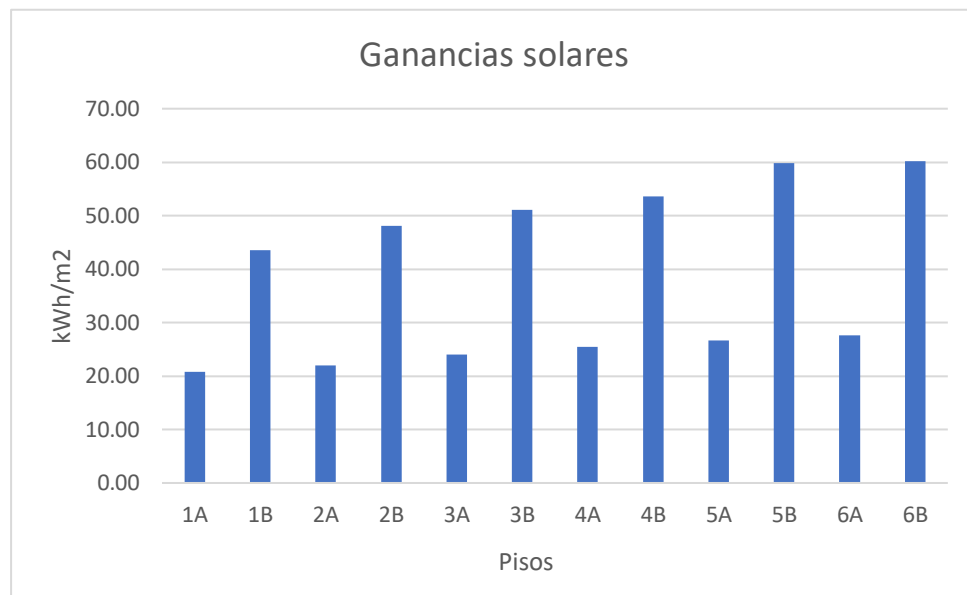


Fig. 41 Gráfico de ganancias solares

No obstante, si comparamos la *Figura 40* y la *Figura 41* podemos observar que la diferencia de ganancias solares es mucho mayor a la reducción de la demanda energética. Para entender mejor este suceso se analizan detenidamente dos viviendas situadas a la misma altura, en este caso serán las viviendas 4ªA y 4ªB.

En la *Figura 42* se compara el balance energético de las viviendas 4ªA y 4ªB.

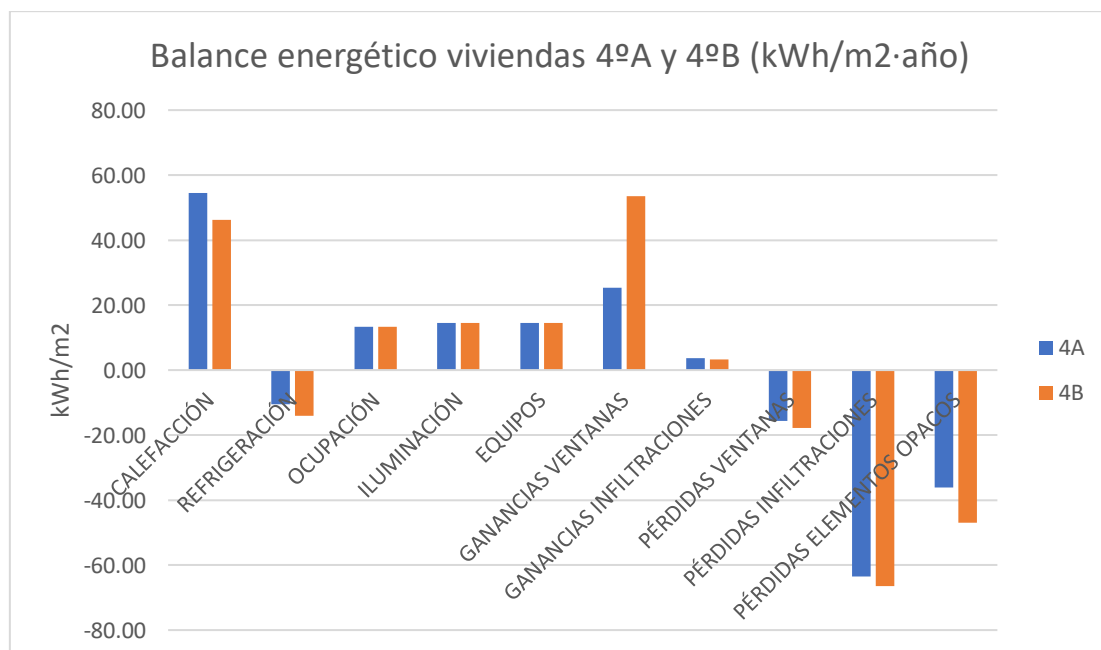


Fig. 42 Balance energético anual para las viviendas 4ªA y 4ªB.

En ella se observa que factores como la iluminación, ocupación y equipos son exactamente iguales en ambas viviendas, mientras que las pérdidas por ventanas, infiltraciones y elementos opacos difieren de la igualdad entre los pisos A y B, reduciendo de esta manera el impacto positivo de las ganancias solares en la demanda energética total por vivienda (Fig. 40).

El motivo principal de que las pérdidas en ventanas, infiltraciones y elementos opacos sean distintos entre ambas viviendas, es la superficie utilizada en los elementos opacos y ventanas (Fig. 43).

	Area [m ²]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m ³]	Multipliers	Above Ground Gross Wall Area [m ²]	Underground Gross Wall Area [m ²]	Window Glass Area [m ²]
Z10_VIVIENDA_4A	88.76	Yes	Yes	221.91	1.00	87.84	0.00	11.68
Z11_VIVIENDA_4B	88.96	Yes	Yes	222.41	1.00	104.89	0.00	13.04

Fig. 43 Datos de superficie, volumen y superficie de la envolvente de los pisos 4ªA y 4ªB.

En la Figura 43 se puede observar que aun teniendo la misma superficie útil (88 m²), la superficie opaca de A (87,84 m²) y de B (104,89 m²) son distintas entre ellas. De la misma manera ocurre con la superficie de las ventanas de A (11,68 m²) y de B (13,04 m²), por lo tanto, a mayor superficie expuesta al exterior, mayor serán las pérdidas a través de elementos opacos y ventanas.

De los resultados proporcionados por el programa también podemos observar la importancia de la altura a la que se sitúe la vivienda en términos de demanda, así pues, las viviendas situadas en la altura más baja y la más alta tendrán un aumento en la demanda respecto a las demás. Esto es debido a las pérdidas que se producen hacia la planta baja no climatizada y hacia los tejados. A continuación, se mostrarán las pérdidas a través de los cerramientos opacos (Fig. 44).

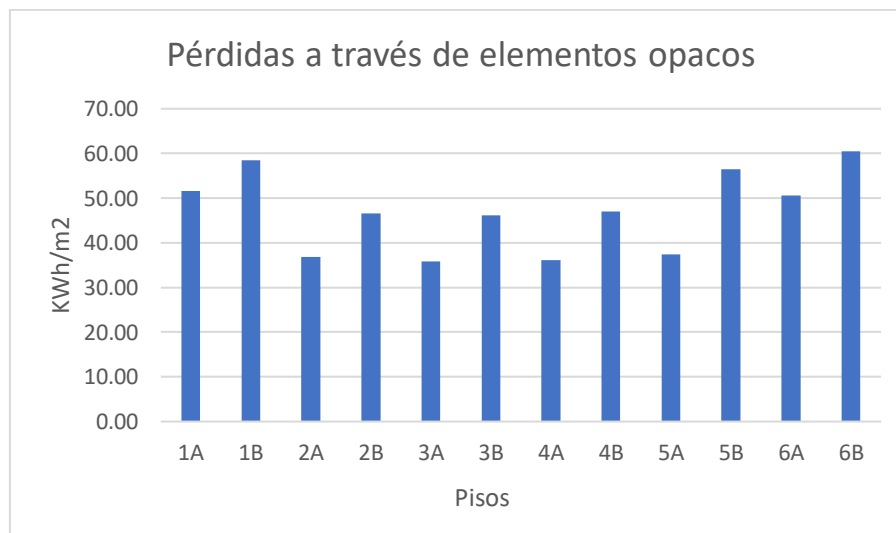


Fig. 44 Pérdidas energéticas a través de elementos opacos

A nivel mensual se llega rápidamente a la conclusión de que los meses más críticos son enero y diciembre, la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior hace que las demandas aumenten considerablemente. Por otro lado, se puede separar la demanda total de calefacción (58280 kWh) y refrigeración (12287 kWh) (*Fig. 45*).

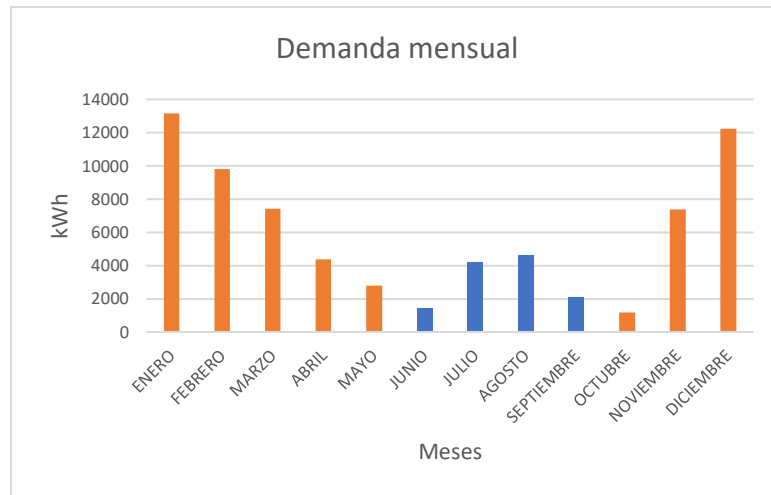


Fig. 45 Demanda mensual edificio original.

DEMANDA EDIFICIO

La calificación de la demanda en calefacción obtiene una letra “E” con 56,13 kWh/m²·año, mientras que la demanda en refrigeración obtiene una letra “C” con 11,82 kWh/m²·año (*Tabla 4*).

	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	56,13	E
Refrigeración	11,82	C

Tabla 4 Demanda y calificación edificio original

A continuación, se desglosan los resultados con el fin de averiguar sobre qué elementos se producen las ganancias y las pérdidas de energía (*Fig. 46*).

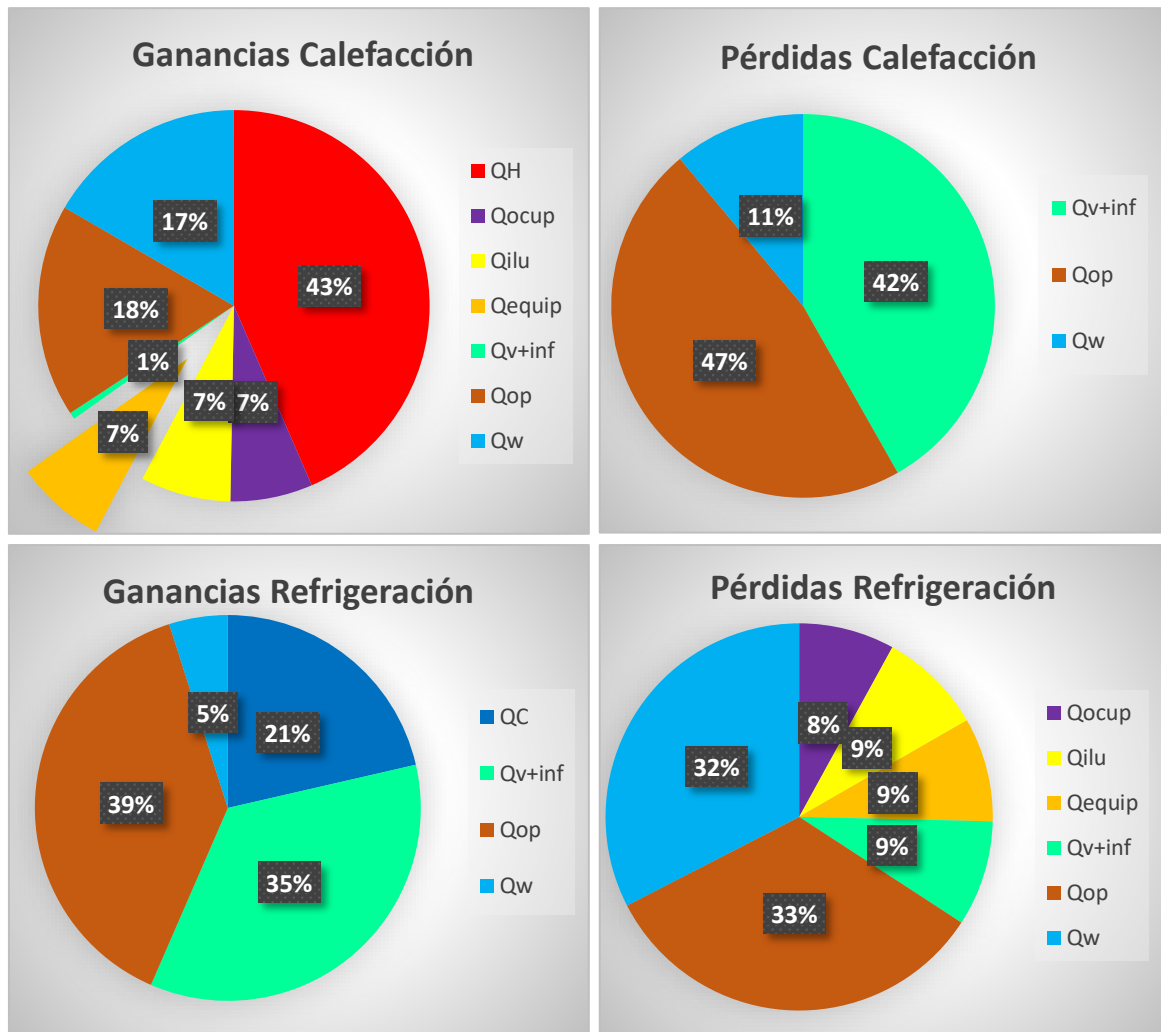


Fig. 46 Desglose de las ganancias y pérdidas energéticas.

Dónde:

Q_{op} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_w : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_{v+inf} : Transferencia de energía correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_{equip} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida al equipamiento interno, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_{ilu} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la iluminación, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_{ocup} : Transferencia de energía correspondiente a la ganancia interna de calor debida a la ocupación, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_H : Energía aportada de calefacción, $kWh/m^2 \cdot año$.

Q_C : Energía aportada de refrigeración, $kWh/m^2 \cdot año$.

Las pérdidas en calefacción se producen mediante 3 vías, cerramientos opacos (47%), conducción a través de las ventanas (11%) y la ventilación (42%).

Las pérdidas en refrigeración provienen de hasta 6 vías diferentes, conducción a través de las ventanas (32%), muros (33%), iluminación (9%), ocupación (8%), equipos (9%) y ventilación (9%).

CONSUMO EDIFICIO ORIGINAL

En lo referente al consumo energético del edificio la calificación que se obtiene es de una letra “E” con 145,98 kWh/m²·año (*Tabla 5*).

	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	85,19	E
Refrigeración	7,06	B
ACS	53,71	G
Indicador global	145,96	E

Tabla 5 Consumo y calificación edificio original

Para entender mejor de dónde provienen los consumos se agrupan los datos obtenidos en la *Figura 47*.

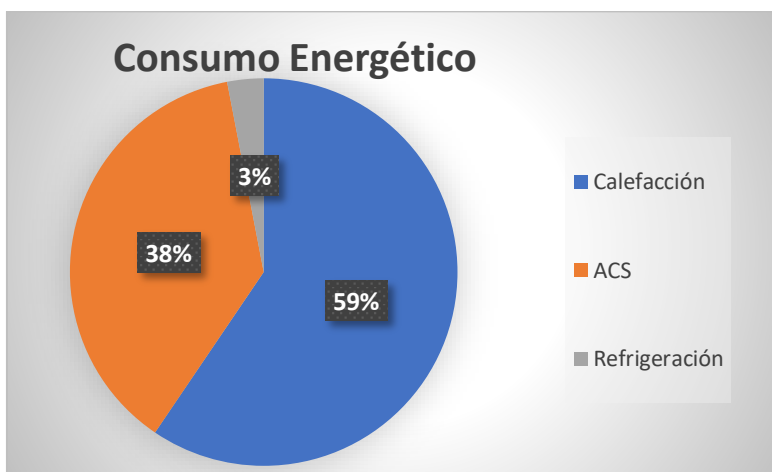


Fig. 47 Distribución del consumo energético

Como se puede observar la calefacción supone el 59% del consumo anual en kWh, el agua caliente sanitaria el 38% y la refrigeración únicamente el 3%, sin embargo la refrigeración proviene del suministro eléctrico y la calefacción del suministro de gas, por lo tanto, si se realiza un gráfico como el anterior teniendo en cuenta la variación en el precio por kWh, los porcentajes cambiarán.

A continuación se muestra la *Figura 48* teniendo en cuenta el coste monetario, para el gas se utiliza un precio de 0,066 €/KWh y para la luz 0,20 €/kWh.

El precio se extrae de dos facturas reales de gas y luz de uno de los inquilinos del edificio, a los importes se les aplica el porcentaje correspondiente del 21% de I.V.A. (*Fig. 49*).

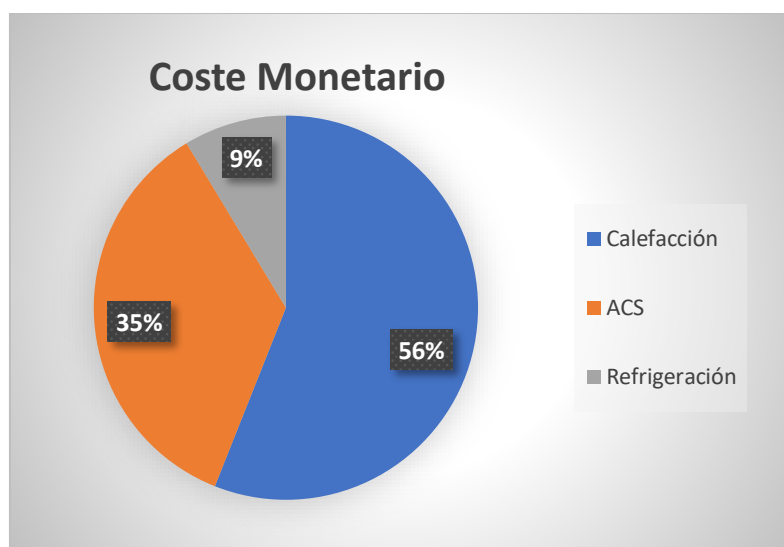


Fig. 48 Distribución del coste monetario

GAS			
		Periodo Factura:	Del 18/02/2019 al 12/04/2019
Conceptos	Cantidad	Precio	Importe €
Término Variable Corresponde a 2 conceptos: El Consumo y el coste del uso de las redes de la Distribuidora			
Consumo Gas	1.283 kWh x	0,035387 € /kWh	45,41 €
Peajes Gas	1.283 kWh x	0,022413 € /kWh	28,76 €
LUZ Periodo de Facturación: del 25/04/2019 a 27/05/2019 (32 días)			
Importe por energía consumida: 292 kWh x 0,161225 Eur/kWh 47,08 €			
En dicho importe, su facturación por peaje de acceso ha sido:			
Consumo P1			
61 kWh x 0,062012 Eur/kWh			3,78 €
Consumo P3			
231 kWh x 0,002215 Eur/kWh			0,51 €
			47,08 €

Fig. 49 Facturas de luz y gas de un inquilino

Si comparamos los porcentajes con los del consumo energético se puede observar que en refrigeración el porcentaje pasa de un 3% a un 9%. Esto es debido a que el precio del kWh eléctrico triplica al del gas. Aún así el impacto de la refrigeración (9%), respecto a la calefacción más el agua caliente sanitaria (91%) es bajo.

EMISIONES EDIFICIO ORIGINAL

A nivel de emisiones globales la letra del indicador obtiene una letra “E” con 30,34 kgCO₂/m²·año (Tabla 6).

	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E
Refrigeración	1,2	A
ACS	11,27	G
Indicador global	30,34	E

Tabla 6 Emisiones globales edificio original y calificaciones.

7 SIMULACIÓN ENERGÉTICA CON DISTINTAS ORIENTACIONES Y SOMBRAS

En este apartado se pretende mostrar de manera gráfica la importancia de la orientación y de las sombras sobre la demanda y el consumo del edificio.

Para ello se realizan hasta 4 suposiciones distintas a la original, las cuales son:

- Fachada principal orientada al norte con sombras
- Fachada principal orientada al norte sin sombras
- Fachada principal orientada al sur con sombras
- Fachada principal orientada al sur sin sombras

7.1 RESULTADOS DE LAS DISTINTAS ORIENTACIONES

-NORTE CON SOMBRAS

	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	58,67	E
Refrigeración	11,57	C

Tabla 7 Demanda y calificación de la orientación norte con sombras.

-NORTE SIN SOMBRAS

	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	57,03	E
Refrigeración	12,3	C

Tabla 8 Demanda y calificación de la orientación norte sin sombras

-SUR CON SOMBRAS

	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	50,61	D
Refrigeración	13,22	C

Tabla 9 Demanda y calificación de la orientación sur con sombras

-SUR SIN SOMBRAS

	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	48,07	D
Refrigeración	13,71	C

Tabla 10 Demanda y calificación de la orientación sur sin sombras

7.2 CONCLUSIONES

A modo de resumen de los resultados obtenidos anteriormente y para analizar correctamente se realiza la *Tabla 11*. Para calcular el consumo, se utilizan los equipos originales del edificio objeto.

	Demanda Calefacción. (kWh/m ² ·año)	Demanda Refrigeración. (kWh/m ² ·año)	Consumo Calefacción. (kWh/m ² ·año)	Consumo Refrigeración. (kWh/m ² ·año)
Norte con sombras	58,67	11,57	74,26	3,53
Norte sin sombras	57,03	12,3	72,18	3,76
Sur con sombras	50,61	13,22	64,06	4,04
Sur sin sombras	48,07	13,71	60,84	4,19

Tabla 11 Resumen orientaciones

En el cálculo del coste económico se utiliza un precio de 0,066 €/kWh para el gas y de 0,20 €/kWh para la electricidad.

	Coste Calefacción. (kWh·€/m ² ·año)	Coste Refrigeración. (kWh·€/m ² ·año)	Coste total Calefacción + Refrigeración. (kWh·€/m ² ·año)
Norte con sombras	4,9	0,7	5,6
Norte sin sombras	4,76	0,75	5,51
Sur con sombras	4,22	0,8	5,02
Sur sin sombras	4,01	0,83	4,84

Tabla 12 Coste distintas orientaciones

En la *Tabla 11* se puede observar que el edificio con menor demanda de calefacción es el edificio con la fachada principal orientada al sur sin sombras, es lógico pensar que al tener esta orientación es cuando recibe más horas de sol al día y por tanto mayor energía en forma de radiación solar. Por el contrario, aunque la demanda en calefacción disminuya, la demanda en refrigeración aumenta, debido al mismo motivo, aun así, el impacto negativo es mínimo comparado con el impacto positivo de orientar el edificio perfectamente hacia el sur.

De la *Tabla 12* podemos ver que la calefacción disminuye entre el primer y el último ejemplo en $0,89 \text{ kWh}\cdot\text{€}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, mientras que la refrigeración aumenta $0,13 \text{ kWh}\cdot\text{€}/\text{m}^2\cdot\text{año}$.

8 PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente apartado se llevarán a cabo diferentes propuestas de mejora con la orientación original del edificio, las cuales se pueden dividir en dos grupos. El primero de los grupos (PROPUESTAS DE MEJORA 1) engloba las propuestas que únicamente tengan una repercusión en las emisiones y el consumo energético, mientras que el segundo grupo (PROPUESTAS DE MEJORA 2 Y 3) afecta directamente a la demanda energética y, por consiguiente, a las emisiones y el consumo energético.

8.1 PROPUESTAS DE MEJORA 1

En primer lugar, para reducir el consumo energético se propone cambiar los equipos encargados del suministro de calefacción y refrigeración. El motivo principal es la antigüedad y eficiencia de los mismos.

En el caso de la caldera los propietarios de las viviendas aún conservan sus calderas originales del tipo convencional, las cuales comparadas con una caldera actual de condensación puede llegar a tener un rendimiento extra de un 15% (Mejora 1.1).

Por otra parte, los aparatos encargados de la refrigeración tienen una eficiencia menor a la que actualmente se puede adquirir en el mercado (Mejora 1.2).

CALDERA NUEVA (MEJORA 1.1)

Marca: VALIANT VMW 236/7-2 (H-ES)

Rendimiento calefacción: 94%

Rendimiento ACS: 85%

Potencia calefacción: 18,5 kW

Potencia ACS: 24 kW

Precio con instalación: 2081€

N.º de calderas: 12

Inversión total en calderas: $12 \times 2081€ = 24972 €$



Fig. 50 Caldera condensación

A/C NUEVO (MEJORA 1.2)

Marca: Toshiba Seiya 13

Rendimiento: 5,6

Potencia refrigeración: 3,1 kW

Potencia calefacción: 3,7 kW

Precio: 979 €

N.º de unidades: 12

Inversión total en A/C: $12 \times 979 = 11748$ €



Fig. 51 Aire acondicionado Seiya 13

8.1.1 RESULTADOS MEJORA 1.1: “CALDERA”

Con la sustitución de las viejas calderas convencionales por unas de condensación se consiguen los siguientes resultados de consumo (*Tabla 13*).

	Consumo (kWh/año)
Caldera original	120290
Caldera nueva	93881
Diferencia	26409

Tabla 13 Comparativa consumo entre calderas

Como se puede observar la diferencia entre una y otra caldera es de 26409 kWh para todo el edificio. El ahorro total anual es de 1743 €, teniendo en cuenta los precios de gas y luz citados anteriormente en la *Figura 49*.

EMISIONES

La letra del indicador global de emisiones pasa de tener una letra “E” con 30,34 kgCO₂/m²·año a una letra “D” con 24,17 kgCO₂/m²·año (*Tabla 14*).

	ORIGINAL		M 1.1	
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E	15,02	D
Refrigeración	1,2	A	1,2	A
ACS	11,27	G	7,96	G
Indicador global	30,34	E	24,17	D

Tabla 14 Comparativa emisiones mejora M1.1

CONSUMO

El consumo energético también cambia significativamente, en este caso la calificación no cambia de letra, pero el valor del consumo varía desde 144,69 kWh/m²·año a 115,57 kWh/m²·año (*Tabla 15*).

	ORIGINAL		M 1.1	
	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	84,41	E	70,94	D
Refrigeración	7,06	B	7,06	B
ACS	53,22	G	37,57	G
Indicador global	144,69	E	115,57	E

Tabla 15 Comparativa consumos mejora M1.1

8.1.2 RESULTADOS MEJORA 1.2: "A/C"

En esta mejora se puede observar que el impacto es mucho menor que la obtenida en el apartado anterior, teniendo únicamente un ahorro de 1564 kWh anuales (*Tabla 16*).

	Consumo (kWh)
A/C original	3758
A/C nuevo	2194
Diferencia	1564

Tabla 16 Comparativa consumo entre equipos de refrigeración

El ahorro total anual es de 312 €, teniendo en cuenta los precios de gas y luz citados anteriormente en la *Figura 49*.

EMISIONES

En términos de emisiones globales la reducción también es mínima, pasando de 30,34 kgCO₂/m²·año a 29,84 kgCO₂/m²·año. La calificación se mantiene en la letra "E" (*Tabla 17*).

	ORIGINAL		M 1.2	
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E	17,88	E
Refrigeración	1,2	A	0,7	A
ACS	11,27	G	11,27	G
Indicador global	30,34	E	29,84	E

Tabla 17 Comparativa emisiones mejora M1.2

CONSUMO

El consumo de la misma manera que las emisiones también desciende relativamente poco, cambiando de 144,69 kWh/m²·año a 141,75 kWh/m²·año. La letra se mantiene en la “E” (*Tabla 18*).

	ORIGINAL		M 1.2	
	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	84,41	E	84,41	E
Refrigeración	7,06	B	4,12	A
ACS	53,22	G	53,22	G
Indicador global	144,69	E	141,75	E

Tabla 18 Comparativa consumos mejora M1.2

8.1.3 RESULTADOS MEJORA 1.1 + MEJORA 1.2

En este apartado se pretende combinar la Mejora 1.1 y la Mejora 1.2 de los apartados anteriores.

Si sumamos los ahorros de los apartados anteriores el ahorro total anual es de 2055 €, teniendo en cuenta los precios de gas y luz citados anteriormente en la *Figura 49*.

EMISIONES

En emisiones globales la reducción pasa de 30,34 kgCO₂/m²·año a 23,68 kgCO₂/m²·año. La calificación cambia a la letra “D” (*Tabla 19*).

	ORIGINAL		M 1.1+M 1.2	
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E	15,02	D
Refrigeración	1,2	A	0,7	A
ACS	11,27	G	7,96	G
Indicador global	30,34	E	23,68	D

Tabla 19 Comparativa emisiones mejora M1.1+M1.2

CONSUMO

El consumo de la misma manera que las emisiones también desciende, cambiando de 144,69 kWh/m²·año a 112,63 kWh/m²·año. La letra se mantiene en la “E” (*Tabla 20*).

	ORIGINAL		M 1.1+M 1.2	
	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	84,41	E	70,94	D
Refrigeración	7,06	B	4,12	A
ACS	53,22	G	37,57	G
Indicador global	144,69	E	112,63	E

Tabla 20 Comparativa consumos mejora M1.1+M1.2

8.2 PROPUESTA DE MEJORA 2

En segundo lugar y con el fin de reducir las pérdidas que se producen a través de los huecos acristalados se propone la compra e instalación de un nuevo sistema de ventanas con baja transmitancia térmica, pasando de los actuales 3,3 W/m²·K a 0,6 W/m²·K.

VENTANAS TRIPLE ACRISTALAMIENTO

Marca: Saint-Gobain

Modelo: SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM

Transmitancia térmica: 0,6 W/m²·K

Factor solar g: 54%

Transmisión luminosa: 74%

Precio: 106,53 €/m².

N.º metros a acristalar: 143 m²

Inversión total= 106,53€/m² x 143 m²=15233,79 €

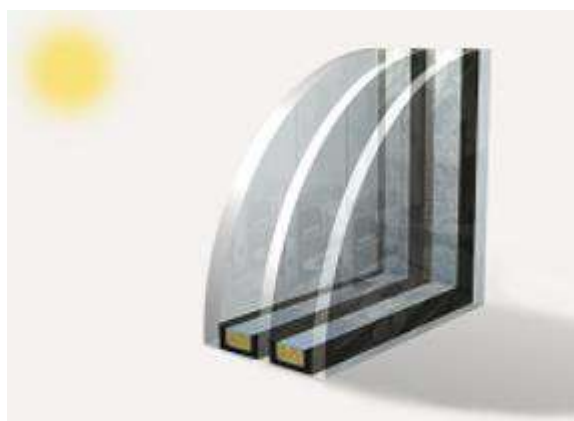


Fig. 52 Ventana con triple acristalamiento

8.2.1 RESULTADOS MEJORA 2: “HUECOS ACRISTALADOS”

Al actuar sobre la transmitancia de los huecos acristalados las emisiones, demandas y consumos variarán en términos de calefacción y refrigeración. El ahorro total en kWh es de 9866 kWh anuales. (Tabla 21).

	Consumo (kWh)
Diferencia entre consumos de calefacción	9084
Diferencia entre consumos de refrigeración	782
Diferencia total	9866

Tabla 21 Comparativa consumos

El ahorro económico será de 755 €, teniendo en cuenta los precios de gas y luz citados anteriormente en la Figura 49.

EMISIONES

La letra del indicador global de emisiones se mantiene en una letra “E”, pasando de emitir 30,34 kgCO₂/m²·año a 27,89 kgCO₂/m²·año (Tabla 22).

	ORIGINAL		M 2	
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E	15,67	D
Refrigeración	1,2	A	0,95	A
ACS	11,27	G	11,27	G
Indicador global	30,34	E	27,89	E

Tabla 22 Comparativa emisiones mejora M2

CONSUMO

El consumo de la misma manera que las emisiones también desciende relativamente poco, cambiando de 144,69 kWh/m²·año a 132,83 kWh/m²·año. La letra se mantiene en la “E” (Tabla 23).

	ORIGINAL		M 2	
	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	84,41	E	74,02	D
Refrigeración	7,06	B	5,59	A
ACS	53,22	G	53,22	G
Indicador global	144,69	E	132,83	E

Tabla 23 Comparativa consumos mejora M2

DEMANDA

En lo referente a la demanda la calificación de calefacción cambia de letra a una “D”, pasando de 56,04 kWh/m²·año a 49,14 kWh/m²·año

La demanda de refrigeración también baja de 11,82 kWh/m²·año a 9,36 kWh/m²·año, pero no cambiar de letra (*Tabla 24*).

	ORIGINAL		M 2	
	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	56,04	E	49,14	D
Refrigeración	11,82	C	9,36	C

Tabla 24 Comparativa demandas mejora M2

8.3 PROPUESTA DE MEJORA 3

La tercera opción es la de mejorar la envolvente térmica del edificio para así reducir la demanda energética del mismo. El proceso consiste en insuflar desde el interior un aislamiento termoacústico de nódulos de lana de vidrio en el interior de la cámara de aire del cerramiento, de 40 mm de espesor medio. Una vez insuflado se sellan los taladros y se aplican dos manos de pintura plástica.

AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO

Marca: ISOVER

Tipo: Nódulos de lana mineral

Conductividad térmica: 0,035 W/m²·K

Precio: 25 €/m².

Superficie a INSUFLAR= 675 m²

Inversión total= 25€/m² x 675 m²= 16875 €

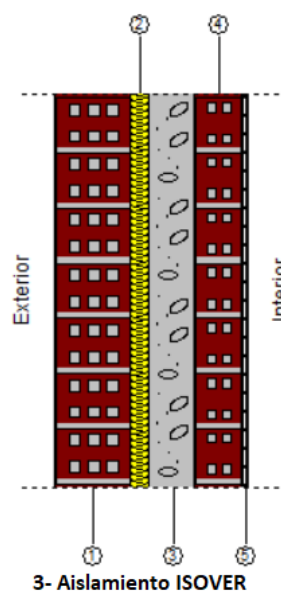


Fig. 53 Cerramiento W305 con aislamiento insuflado

8.3.1 RESULTADOS MEJORA 3: “INSUFLADO CÁMARA INTERIOR”

Al cambiar la transmitancia de la envolvente las emisiones, demandas y consumos variarán en términos de calefacción y refrigeración. El ahorro total en kWh es de 7826 kWh anuales. (Tabla 25).

	Consumo (kWh)
Diferencia entre consumos de calefacción	7813
Diferencia entre consumos de refrigeración	13
Diferencia total	7826

Tabla 25 Comparativa consumos

El ahorro total que se produce entre calefacción y refrigeración es de 518,25 €, teniendo en cuenta los precios de gas y luz citados anteriormente en la Figura 49.

EMISIONES

La letra del indicador global de emisiones se mantiene en una letra “E”, pasando de emitir 30,34 kgCO₂/m²·año a 28,44 kgCO₂/m²·año (Tabla 26).

	ORIGINAL		M 3	
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E	15,98	D
Refrigeración	1,2	A	1,19	A
ACS	11,27	G	11,27	G
Indicador global	30,34	E	28,44	E

Tabla 26 Comparativa emisiones mejora M3

CONSUMO

El consumo de la misma manera que las emisiones también desciende relativamente poco, cambiando de 144,69 kWh/m²·año a 135,73 kWh/m²·año. La letra se mantiene en la “E”. (Tabla 27).

	ORIGINAL		M 3	
	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	84,41	E	75,47	D
Refrigeración	7,06	B	7,04	B
ACS	53,22	G	53,22	G
Indicador global	144,69	E	135,73	E

Tabla 27 Comparativa consumos mejora M3

DEMANDA

En lo referente a la demanda la calificación de calefacción cambia de letra a una “D”, pasando de 56,04 kWh/m²·año a 50,1 kWh/m²·año

La demanda de refrigeración también baja de 11,82 kWh/m²·año a 11,36 kWh/m²·año, pero no cambia de letra (*Tabla 28*).

	ORIGINAL		M 3	
	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	56,04	E	50,1	D
Refrigeración	11,82	C	11,78	C

Tabla 28 Comparativa demandas mejora M3

9 RETORNO DE LAS INVERSIONES

En lo referente al cálculo de retorno de la inversión inicial, se tendrá en cuenta el posible y probable aumento de precio de luz y gas con el paso de los años, de la misma manera que también se tendrá en cuenta la devaluación de la moneda. Estos dos términos quedan incluidos en el cálculo de retorno de la inversión.

Al no poder saber con exactitud el valor de los mismos en el futuro, se buscarán datos sobre la evolución de los precios en los últimos años y se extrapolará esa información para conseguir que los resultados se acerquen lo máximo posible a la realidad.

Hay que tener en cuenta que son términos totalmente opuestos, es decir, en caso de que el precio de la luz y el gas suban, el tiempo de retorno bajará, por el contrario, si tenemos en cuenta la inflación de la moneda, el tiempo de retorno ascenderá.

Los precios por kWh de electricidad y de gas natural utilizados han sido extraídos de las facturas aportadas por los vecinos del edificio, teniendo en cuenta el I.V.A del 21% sobre el precio del kWh (Fig.49).

Por otra parte, se tendrán en cuenta posibles ayudas por parte del gobierno de Aragón para la adquisición de sistemas de climatización y calefacción más eficientes.

EVOLUCIÓN DEL VALOR DEL EURO

La tasa de inflación promedio de la zona Euro entre los años 1992 y 2019 ha sido del 1.88% anual. En total, la moneda presentó un aumento del 65.44% entre estos años. Esto quiere decir que 1000 euros de 1992 equivalen a 1654,41 euros de 2019 (Fig. 54).

Valor del euro por años según IPC - Gráfica

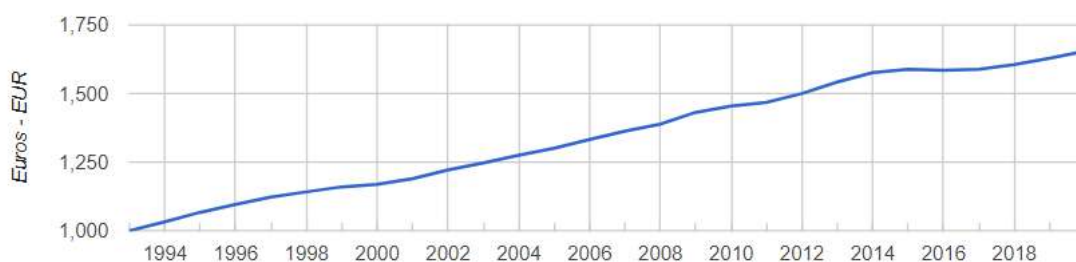


Fig. 54 Evolución del valor del euro por años según el IPC

Fuente: <https://www.dineroeneltiempo.com/euro/de-1992-a-valor-presente?valor=1000>

No se puede saber con exactitud la tasa de inflación de los años venideros, por ese motivo y debido a la tendencia al alza de la Figura 54, que se comporta prácticamente de manera lineal, se extrapola esta tendencia al futuro, es decir, se aplicará una inflación anual del 1,88% en los próximos años.

EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE LA LUZ

El recibo de la luz se ha encarecido un 85% en los últimos 15 años, pasando de 43,47 € en 2003 a 80,73€ en 2018 (Fig. 55).

Anualmente, la inflación ha sido de un 3,94 %, se utilizará este porcentaje para calcular el precio de la luz en los próximos años.

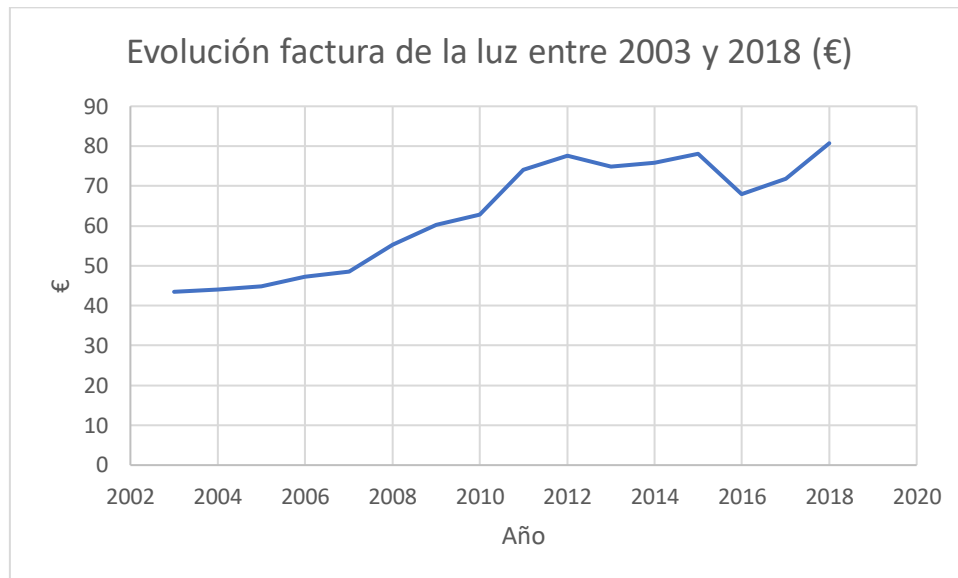


Fig. 55 Evolución factura de la luz entre 2003 y 2018
Fuente: <https://www.facua.org/es/noticia.php?id=13180>

EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL GAS

En lo referente al precio del gas, entre los años 2004 y 2018 hubo un aumento de un 66%, con una inflación anual del 3,45% (Fig. 56).

Evolución de precios del gas natural 2004-2018

Estudio realizado por FACUA-Consumidores en Acción

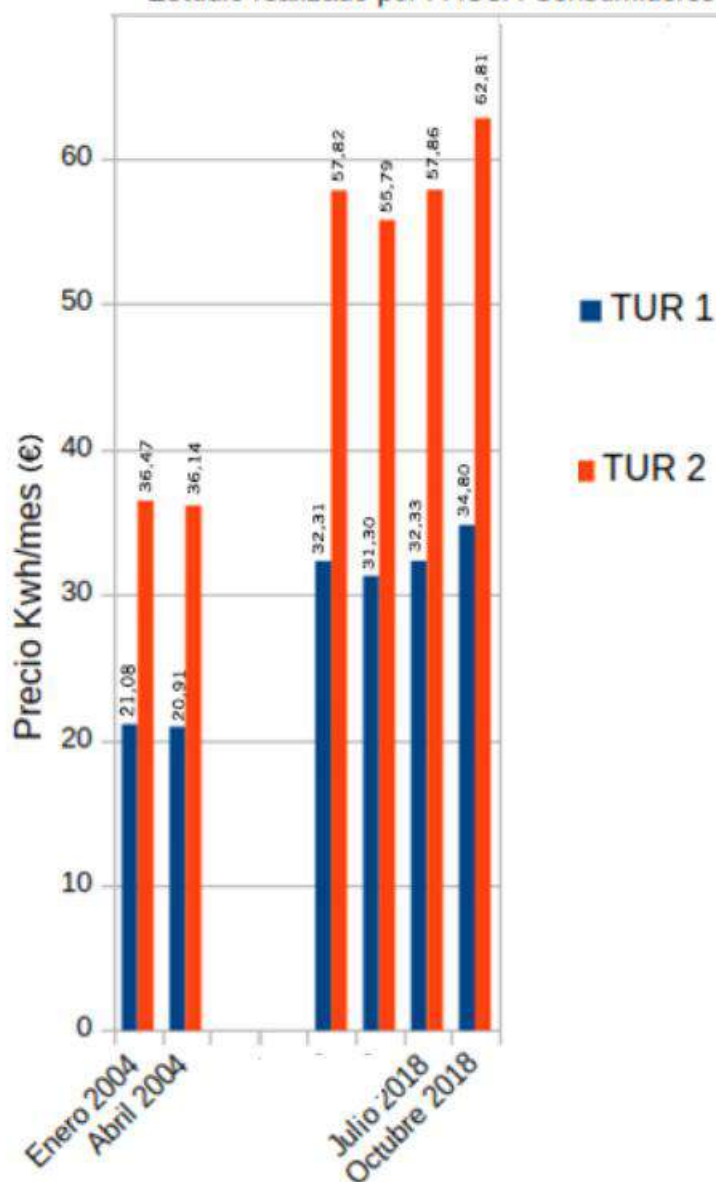


Fig. 56 Evolución de precios del gas natural 2004-2018
Fuente: <https://www.facua.org/es/noticia.php?id=13216>

Mediante todos estos datos extraídos referentes a la evolución de los precios de luz y gas, se pueden estimar los precios en los próximos años (*Tabla 29*).

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GAS (€/kWh)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11
LUZ (€/kWh)	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.31	0.32	0.33	0.34	0.36

Tabla 19 Precio kWh de Luz y Gas

Una vez se conocen la evolución de los precios, se pueden calcular el flujo de caja positivo que generará cada una de las inversiones año a año, para eso hará falta multiplicar el precio por el ahorro en kWh producido en cada inversión, anteriormente visto en el apartado 8 (*Tabla 30*).

AÑO	M1.1 (€)	M1.2 (€)	M2 (€)	M3 (€)	M1+M2+M3 (€)	M1.1+M.1.2
0	1743	313	756	518	3039	2056
1	1803	325	783	536	3146	2128
2	1865	338	811	555	3257	2203
3	1930	351	839	574	3371	2281
4	1996	365	869	594	3490	2361
5	2065	379	900	614	3613	2445
6	2136	394	932	635	3740	2531
7	2210	410	965	657	3871	2620
8	2286	426	999	680	4007	2712
9	2365	443	1035	703	4148	2808
10	2447	460	1072	728	4294	2907
11	2531	478	1110	753	4445	3010
12	2619	497	1149	779	4602	3116
13	2709	517	1190	806	4764	3226
14	2802	537	1233	834	4931	3340
15	2899	558	1276	862	5105	3458
16	2999	580	1322	892	5285	3580
17	3103	603	1369	923	5471	3706
18	3210	627	1418	955	5663	3837
19	3320	652	1468	988	5863	3972
20	3435	678	1520	1022	6069	4112
21	3553	704	1574	1057	6283	4258
22	3676	732	1630	1094	6504	4408
23	3803	761	1688	1131	6733	4564
24	3934	791	1749	1170	6970	4725
25	4070	822	1811	1211	7216	4892
26	4210	854	1875	1253	7470	5064
27	4355	888	1942	1296	7733	5243

Tabla 20 Flujo positivo de caja en cada una de las inversiones

Para finalizar, mediante la información de la *Tabla 30* y la inflación del euro (*Fig. 54*), se calcula el valor actual neto (*Tabla 31*).

AÑO	M1.1 (€)	M1.2 (€)	M2 (€)	M3 (€)	M1+M2+M3 (€)	M.1.2 (€)
0	-20772	-9948	-15233	-16875	-62828	-30720
1	-19002	-9629	-14465	-16349	-59740	-28631
2	-17205	-9303	-13684	-15814	-56602	-26508
3	-15380	-8971	-12890	-15272	-53414	-24351
4	-13527	-8632	-12083	-14721	-50175	-22160
5	-11646	-8287	-11263	-14161	-46884	-19932
6	-9735	-7934	-10430	-13593	-43539	-17669
7	-7795	-7574	-9582	-13016	-40141	-15369

8	-5826	-7207	-8721	-12430	-36689	-13032
9	-3825	-6832	-7846	-11835	-33181	-10658
10	-1794	-6450	-6956	-11231	-29616	-8244
11	268	-6060	-6052	-10618	-25994	-5792
12	2362	-5663	-5133	-9995	-22314	-3300
13	4488	-5257	-4198	-9363	-18575	-768
14	6648	-4843	-3249	-8721	-14775	1805
15	8840	-4420	-2283	-8068	-10915	4419
16	11066	-3990	-1302	-7406	-6992	7077
17	13327	-3550	-305	-6734	-3006	9777
18	15622	-3101	709	-6051	1044	12520
19	17953	-2644	1739	-5358	5159	15309
20	20319	-2177	2787	-4654	9341	18142
21	22722	-1701	3851	-3939	13590	21021
22	25162	-1215	4934	-3213	17908	23947
23	27640	-719	6034	-2476	22295	26921
24	30156	-214	7152	-1727	26752	29943
25	32711	302	8289	-967	31282	33013
26	35305	829	9444	-195	35885	36134
27	37939	1366	10619	588	40562	39305

Tabla 21 Valor actual neto

9.1 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 1.1

La mejora 1.1 hace referencia a la sustitución del antiguo sistema de calderas convencionales por unas de condensación, aportando al sistema un aumento de un 15% en el rendimiento.

-Precio caldera individual: 2081 €

-N.º de calderas: 12

-Inversión total en calderas: $12 \times 2081 \text{€} = 24972 \text{€}$

-Subvención total: $350 \text{€} \times 12 = 4200 \text{€}$

-Inversión final: 20772 €

-Ahorro energético anual: 26409 kWh

-Precio gas natural primer año: 0,066 €/kWh

-Ahorro total anual primer año: 1743 €

-Tiempo de retorno de la inversión: **11 años**

9.2 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 1.2

La mejora 1.2 corresponde a la sustitución de los antiguos climatizadores por unos nuevos con un rendimiento medio estacional de 5,6.

- Precio unitario: 979 €
- N.º de unidades: 12
- Inversión total en A/C: $12 \times 979 = 11748$ €
- Subvención total: $150€ \times 12 = 1800$ €
- Inversión final: 9948 €
- Ahorro energético anual: 1563,7 kWh
- Precio Luz primer año: 0,20 €/kWh
- Ahorro total primer año: 312,74 €
- Tiempo de retorno de la inversión: **25 años**

9.3 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 1.1+ 1.2

Este apartado es una combinación de los dos apartados anteriores.

- Inversión total: 30720 €
- Ahorro total el primer año: 2056 €
- Tiempo de retorno de la inversión: **14 años**

9.4 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 2

La mejora 2 consiste en la sustitución de todos los huecos acristalados de las zonas habitables de las viviendas por unos con una menor transmisión térmica.

- Precio m²: 106,53 €
- N.º metros a acristalar: 143 m²
- Inversión total= $106,53€/m^2 \times 143 m^2 = 15233,79$ €

Reducción en consumo

Al mejorar una parte de la envolvente exterior se incide al mismo tiempo sobre la calefacción y la refrigeración, por lo tanto, se calculan por separado los ahorros energéticos.

-Calefacción=120290-111352=8938 kWh // Ahorro primer año=589,90 €

-Refrigeración=3758-2978=780 kWh // Ahorro primer año= 156 €

-Tiempo de retorno de la inversión: **18 años**

9.5 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LA MEJORA 3

-Precio m²= 25€/m²

-Superficie a INSUFLAR= 675 m²

-Inversión total= 25€/m² x 675 m²= 16875 €

Reducción en consumo

-Calefacción=120290-112477=7813 kWh // Ahorro primer año=515,65 €

-Refrigeración=3758-3745=13 kWh // Ahorro primer año= 2,6 €

-Tiempo de retorno de la inversión: = **27 años**

9.6 TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN M1+M2+M3

-Precio total M1+M2+M3= 62828 €

-Ahorro primer año M1+M2+M3= 3319 €

Reducción en consumo

-Calefacción=120290-80425=39865 kWh // Ahorro primer año=2631 €

-Refrigeración=3758-1717=2041 kWh // Ahorro primer año= 408 €

-Tiempo de retorno= **18 años**

9.7 RESUMEN MEJORAS

A modo de resumen y para que sea más visual se genera la *Tabla 32* con todas las propuestas de mejora y sus correspondientes resultados, tanto a nivel energético como económico.

	Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año)	Consumos (kWh/m ² ·año)	Dem.Cal. (kWh/m ² ·año)	Dem.Ref. (kWh/m ² ·año)	Inversión (€)	Retorno (años)
Original	30,34	144,69	56,04	11,82	-	-
M1.1	24,17	115,57	56,04	11,82	20772	11
M1.2	29,84	141,75	56,04	11,82	9948	25
M1.1+M1.2	23,68	112,63	56,04	11,82	30720	14
M2	27,89	132,83	49,14	9,36	15233	18
M3	28,44	135,73	50,1	11,78	16875	27
M1+M2+M3	20,42	97,55	43,01	9,25	62828	18

Tabla 22 Resumen de todas las propuestas de mejora

Las diferencias entre tiempos de retorno se hacen más visibles mediante la *Figura 57*.

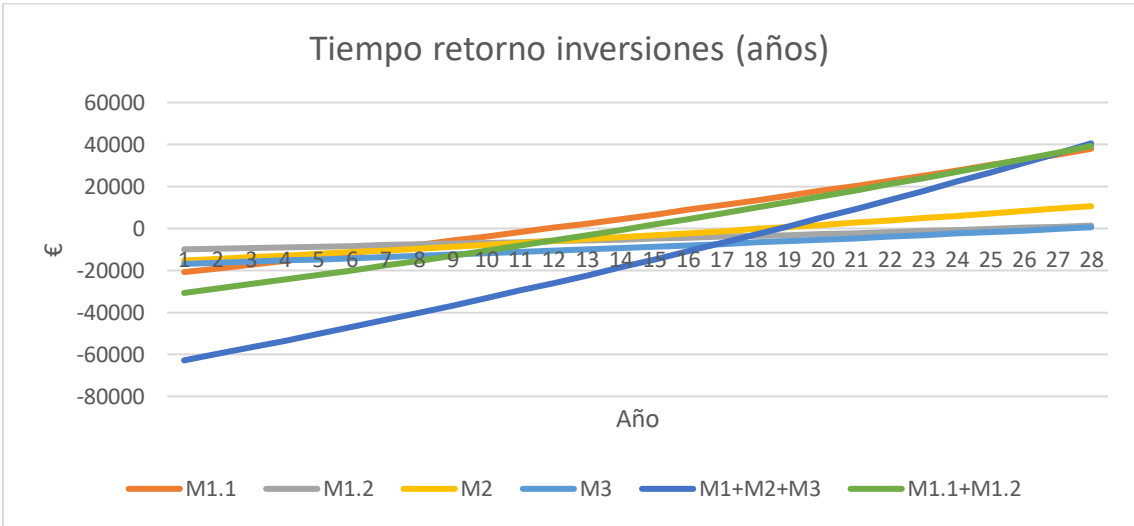


Fig. 57 Gráfico retorno de inversión en función de la mejora.

10 CONCLUSIONES FINALES

PROPUESTA DE MEJORA 1.1 (CALDERA)

Mediante la sustitución de una caldera convencional por una de condensación se pretendía aprovechar el incremento de rendimiento de estas últimas, al aumentar el rendimiento se reducen los consumos que provienen de la calefacción y del agua caliente sanitaria, los cuales representaban el 91% del coste monetario del edificio original visto anteriormente en la *Figura 48*. Por lo tanto, era imprescindible actuar sobre esta instalación para reducir el gasto económico.

Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, el consumo anual del edificio se ha reducido en 26409 kWh y el tiempo de retorno de la inversión se ha establecido en 11 años.

PROPUESTA DE MEJORA 1.2 (AIRE ACONDICIONADO)

A pesar de que el coste monetario que supone el consumo en refrigeración respecto a la calefacción es de solo el 9% del total, la sustitución del equipo de climatización por unos nuevos con un mayor rendimiento siempre tiene que ser algo a tener en cuenta.

La reducción ha sido de 1564 kWh para todo el edificio, con un tiempo de retorno de la inversión de 25 años.

El elevado tiempo de inversión hace que sea una propuesta poco atractiva, sobre todo, tratándose de un equipo con una vida útil aproximada de 20 años.

PROPUESTA DE MEJORA 1.1+1.2 (CALDERA + AIRE ACONDICIONADO)

En este apartado se combinan los apartados de las mejoras 1.1 y 1.2 ya comentadas anteriormente.

El ahorro energético es de 27972 kWh anuales para todo el edificio y el retorno se produce a los 14 años. La combinación de ambas propuestas equilibra el tiempo de retorno, reduce consumos y a la larga genera mayores beneficios.

PROPUESTA DE MEJORA 2 (HUECOS ACRISTALADOS)

Teniendo en cuenta que las ventanas del edificio original tenían una transmitancia térmica de $3.3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y el edificio disponía de 143 m^2 de superficie acristalada, el sustituir todas las ventanas por unas con una baja transmitancia ($0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) del edificio era un punto a estudiar.

El ahorro energético producido es de 9866 kWh anuales para el conjunto del edificio y el retorno de la inversión es de 18 años.

PROPUESTA DE MEJORA 3

Al datar el edificio de 1997 y construirse bajo la normativa NBE-CT-79, los requisitos de transmitancia térmica máxima de los cerramientos en contacto con el exterior eran poco restrictivos. El insuflar un material más aislante en la cámara de aire del cerramiento ayudará a reducir la transmitancia térmica del conjunto. En el caso en particular de este estudio se consigue pasar de los $0,56 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a los $0,28 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

La reducción de consumo anual es de 7826 kWh y el retorno de la inversión se queda en 27 años, siendo esta la propuesta de mejora con mayor tiempo de retorno.

PROPUESTA DE MEJORA M1+M2+M3

La combinación de estas propuestas tiene como fin el reducir al máximo las demandas, consumos y coste monetario de la energía consumida, no obstante, la aplicación de todas las mejoras a la vez supone una inversión bastante grande 62828 € en total. A cada inquilino le correspondería aportar 5235 € para llevar a cabo todas las mejoras. El tiempo de retorno se establecería en 18 años.

TOMA DE DECISIONES

Tanto la mejora M1.1 como la M1.2 son mejoras perecederas debido a que los equipos adquiridos tienen una vida limitada. En el caso de la M1.1, la caldera se amortiza en 11 años, teniendo en cuenta que la vida media de una caldera puede llegar a los 20 años, esta sería una buena inversión.

Por otra parte, la M1.2 es todo lo contrario, el elevado tiempo de retorno de 25 años hace que sea mala inversión el adquirir un nuevo equipo de climatización, no obstante, este tiempo tan elevado de retorno viene determinado por la poca demanda que tiene el edificio en refrigeración.

El caso de las mejoras M2 y M3 dista mucho de las anteriores, son inversiones con un tiempo de retorno elevado, pero el punto positivo es que no son perecederas teniendo en cuenta que la vida media de una vivienda es de 50 años según el código técnico de la edificación, habría margen para rentabilizarlas.

Todas las mejoras, al tener un tiempo de retorno mayor a 10 años, hacen poco apetecible la inversión por parte de un inquilino en caso de que quiera vender o alquilar la vivienda, sin embargo, en el caso de que el vecino quisiera permanecer en la vivienda y llevar a cabo todas las propuestas de mejora, rentabilizaría en 18 años toda la inversión inicial.

11 CERTIFICADO ENERGÉTICO FINAL

El siguiente certificado es el obtenido al aplicar todas las mejoras propuestas.

EMISIONES

Las emisiones globales pasan de 30,34 kgCO₂/m²·año a 20,42 kgCO₂/m²·año, pasando de obtener una letra “E” a una “D”. La reducción total es de un 33% (*Tabla 33*).

	ORIGINAL		M1+M2+M3	
	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra	Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² ·año)	Letra
Calefacción	17,88	E	11,53	D
Refrigeración	1,2	A	0,94	A
ACS	11,27	G	7,96	G
Indicador global	30,34	E	20,42	D

Tabla 23 Comparativa emisiones mejora M1+M2+M3

CONSUMOS

De manera homóloga a las emisiones, el consumo también desciende un 33% y pasa de una letra “E” a una “D” (*Tabla 34*).

	ORIGINAL		M1+M2+M3	
	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	84,41	E	54,45	D
Refrigeración	7,06	B	5,53	A
ACS	53,22	G	37,57	G
Indicador global	144,69	E	97,55	D

Tabla 24 Comparativa consumos mejora M1+M2+M3

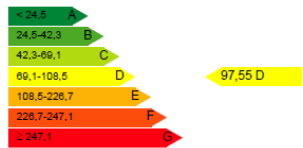
DEMANDA

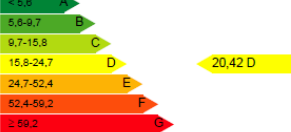
Si lo comparamos con el certificado original se puede observar un cambio significativo en la demanda energética del edificio, en calefacción se reduce un 23% la demanda y la letra pasa de una “E” inicial a una “D”. En refrigeración el cambio es similar, reduciendo un 22%, en este caso la calificación permanece igual (*Tabla 35*) y (*Fig. 58*).

	ORIGINAL		M1+M2+M3	
	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra	Demanda (kWh/m ² ·año)	Letra
Calefacción	56,04	E	43,01	D
Refrigeración	11,82	C	9,25	C

Tabla 25 Comparativa demandas mejora M1+M2+M3

CERTIFICADO GENERADO POR EL PROGRAMA

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m²·año]	D	Energía primaria ACS [kWh/m²·año]	C
	54.45		37.57	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m²·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m²·año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m²·año]
5.53		0.00		

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS		C
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	D	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]	G	
	11.53		7.96		
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
	Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	A	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]	
	0.94	0.00			

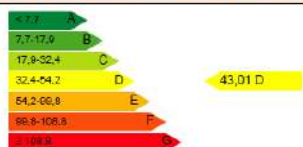

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

Fig. 58 Certificado energético final

12 BIBLIOGRAFÍA

Páginas web:

www.codigotecnico.org

www.sostenibilidad.com

www.caloryfrio.com

www.nergiza.com

www.certificadosenergeticos.com

www.rehva.eu

www.preciogas.com

www.mesh-energy.com

www.homeserve.es

www.cype.net

www.itec.cat

www.energias-renovables.com

www.generadordeprecios.info

www.idae.es

www.ree.es